LWOWSKIE

# CZASOPISMO LOTNICZE

Nr. 11. (ROK V. 1937. Nr. 1). | LWÓW, W MARCU 1937.

**Nr. 11.** (ROK V. 1937. Nr. 1.). LWÓW, W MARCU 1937 r.

**LWOWSKIE**

# CZASOPISMO LOTNICZE

ORGAN BIULETYNOWY

LABORATORIUM AERODYNAMICZNEGO POLITECHNIKI LWOWSKIEJ I INSTYTUTU TECHNIKI SZYBOWNICTWA

WYDAWANY KILKA RAZY W ROKU W MIARĘ ZEBRANIA MATERIAŁU BADAWCZEGO

DODATEK DO „CZASOPISMA TECHNICZNEGO"



## BIULETYN LABORATORIUM AERODYNAMICZNEGO



**Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS**

# Pomiary usterzeń poziomych.

CZĘŚĆ PIĄTA.

## Usterzenie z lotką kompensacyjną.




### Mesures des empennages horizontaux.

Cinquième partie.

Empennage avec aileron de compensation.

Comme suite aux mesures des empennages horizontaux dont les résultats ont été publiés dans ce périodique en 1933, 1934 et 1935 [1]), nous donnons les résultats des mesures d'un empennage horizontal avec compensation aérodynamique effectués dans le Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów. Le principe de la compensation adoptée consiste dans la réduction du moment autour de la charnière de la partie mobile de l'empennage par le braquage convenable d'un aileron de compensation placé au bord de fuite de l'empennage. On a fait les mesures sur un empennage au profil G. 409 et de 12,7% d'épaisseur, dont le contour était formé par trois arcs de cercle et une droite (fig. 1). En faisant varier le rapport de la profondeur de l'aileron de compensation à la profondeur de la partie mobile de l'empennage, on a obtenu les empennages N° 1, 2, 3.

Outre les mesures normales des coefficients de forces aérodynamiques et de moment pour l'empennage entier ainsi que du moment autour de la charnière, on a mesuré aussi le coefficient de force normale $c_{n\,st}$ agissent sur la partie mobile de l'empennage et on a déterminé le déplacement du „centre de pression" pour cette force, pour différentes positions de l'aileron de compensation par rapport à la partie mobile de l'empennage. Dans ce but, on mesurait les moments de charnière autour de deux axes $O_1$ et $O_2$ parallèles et distants de la longueur $a$ (fig. 6 et 7). Lors de la mesure, on déplaçait l'axe de rotation passant par le point $O_2$ sur la balance aérodynamique de la façon que la position du point $O_1$ par rapport à la partie fixe de l'empennage restait toujours la même.

Pour faire ressortir l'influence de la compensation sur la valeur du moment autour de la charnière, sous l'hypothèse particulière que l'angle de braquage de l'aileron de compensation $\beta_1$ soit égal et contraire à l'angle de braquage $\beta$ de la partie mobile de l'empennage ($\beta_1 = -\beta$), on a établi (fig. 5) plusieurs diagrammes représentant la variation du coefficient de moment autour de la charnière $c_{m\,z}$ en fonction de l'angle $\beta$, l'angle d'incidence $\alpha$ de l'empennage étant constant, pour $\beta_1 = 0$ et $\beta_1 = -\beta$, pour les empennages N° 1, 2, 3. On y peut constater que la compensation employée équilibre, dans certaines conditions, presque entièrement l'influence du braquage $\beta$ de la partie mobile de l'empennage, surtout pour les angles $\alpha$ supérieurs à $5^0$.

En outre, on a étudié l'écoulement autour de la partie dorsale de l'empennage N° 1, à l'aide des filets de soie fixés à la surface (photo. 1). La longueur moyenne des filets était de 25 *mm*, la vitesse du courant d'air $v = 30{,}2$ *m/sec*. Les observations étaient photographiées en se servant de la lumière de magnesium, le temps d'exposition étant $t = 1/200 \div 1/150$ *sec*. On a constate (fig. 11), au moyen de mesures à la balance effectuées sur une maquette d'empennage munie des filets, que l'influence des filets sur les valeurs des coefficients aérodynamiques est très petite et qu'elle est — en tout cas — négligeable dans l'évaluation de l'écoulement du courant.

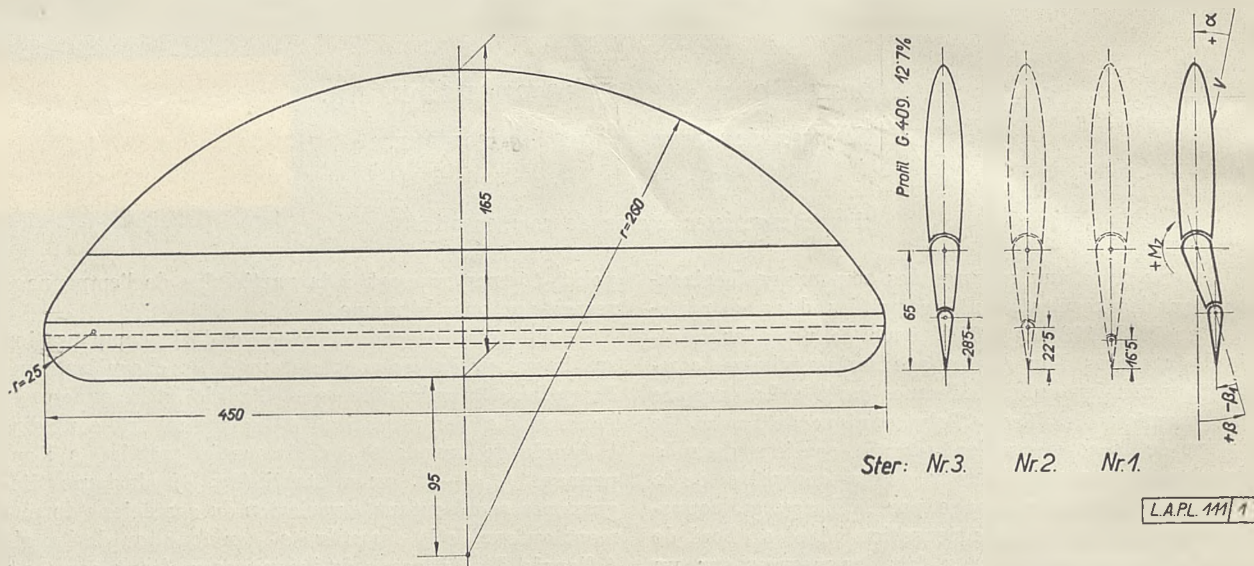
En se basant sur les prises photographiques, on

a établi pour l'empennage N° 1 des schémas (fig. 12) représentant le progrès du phénomène de la perturbation ou du décollement du courant écoulant autour de la surface dorsale de l'empennage, pour différents angles $\alpha$, $\beta$ et $\beta_1$. Les parties hachées de l'aire correspondent à la perturbation du courant, les parties doublement hachées — au décollement du courant, et les parties non hachées — au courant non perturbé. Le phénomène de la perturbation ou du décollement du courant se déplace, quand l'angle $\alpha$ croît, des extrémités du contour vers le milieu et du bord de fuite vers le bord d'attaque de l'empennage. Il convient de noter que l'allure du phénomène de la perturbation et du décollement du courant dépend, dans les mêmes conditions, fortement du contour adopté de l'empennage.

Afin de démontrer l'influence de la compensation sur la répartition des pression sur l'empennage horizontal, on a déterminé (fig. 13) la répartition de la pression résultante sur l'empennage N° 1, pour les angles $\alpha$, $\beta$ et $\beta_1$ donnés. On mesurait la pression sur la surface dorsale et ventrale de l'empennage au moyen de la sonde des pressions statiques [5]. Il est évident que la résultante des pressions agissant sur la partie mobile de l'empennage est diminuée par suite de l'action de l'aileron de compensation et qu'elle se déplace, en même temps, vers l'axe de rotation ce qui réduit le moment autour de la charnière.

chomej przy krawędzi spływu części ruchomej steru (ryc. 1). Pomiary przeprowadzono na usterzeniu poziomym o profilu $G$. 409 przy grubości 12,7% o obrysie utworzonym przez trzy łuki kołowe i prostą, jak na ryc. 1, a zatem na tym samym, jak w r. 1935 [2]). Stosunek głębokości części ruchomej steru do głębokości całego usterzenia wynosi $\frac{65}{165} = 0,394$, zaś głębokości „lotki kompensacyjnej" do głębokości części ruchomej steru tworzą stosunki: dla steru Nr. 1 $\frac{16,5}{65} = 0,254$, dla steru Nr. 2. $\frac{22,5}{65} = 0,346$, dla steru Nr. 3. $\frac{28,5}{65} = 0,438$.

Badania obecne przeprowadzono w szerszym zakresie aniżeli poprzednie. Prócz zwyczajnych pomiarów sił aerodynamicznych dla całego opierzenia i pomiarów momentu zawiasowego części ruchomej steru, wykonano ponadto pomiar siły normalnej na część ruchomą steru i wyznaczono wędrówkę „środka parcia" dla tej siły przy zmianie położeń części ruchomej steru i lotki kompensacyjnej. Było to możliwe przez pomiar momentów zawiasowych dokoła dwu osi równoległych, przesuniętych odpowiednio względem siebie [3]). Poza tym zbadano opływ strugi na górnej powierzchni opierzenia przy pomocy metody jedwabnych nitek przytwierdzonych do powierzchni opływanej przy zastosowaniu zdjęć fotograficznych [4]). Wreszcie wyznaczono rozkład ciśnień na całym opierzeniu przy pomocy sondy ciśnień statycznych [5]).




*Ryc. 1.*
*Usterzenie poziome o profilu G 409 i grubości 12,7% z lotką kompensacyjną o zmiennej głębokości. Określenia kątów $\alpha$, $\beta$ i $\beta_1$.*

## 1. Wstęp.

Uwzględniając postulat ważności wyników pomiarów aerodynamicznych usterzeń poziomych dla konstruktorów lotniczych, podajemy piąty z kolei biuletyn z tych pomiarów [1]), obejmujący wyniki pomiarów steru poziomego z kompensacją aerodynamiczną. Zasada przyjętej kompensacji polega na zmniejszeniu momentu zawiasowego części ruchomej steru przez odpowiednie wychylenie specjalnie w tym celu zastosowanej dodatkowej części ruchomej przy krawędzi spływu części ruchomej steru (ryc. 1).

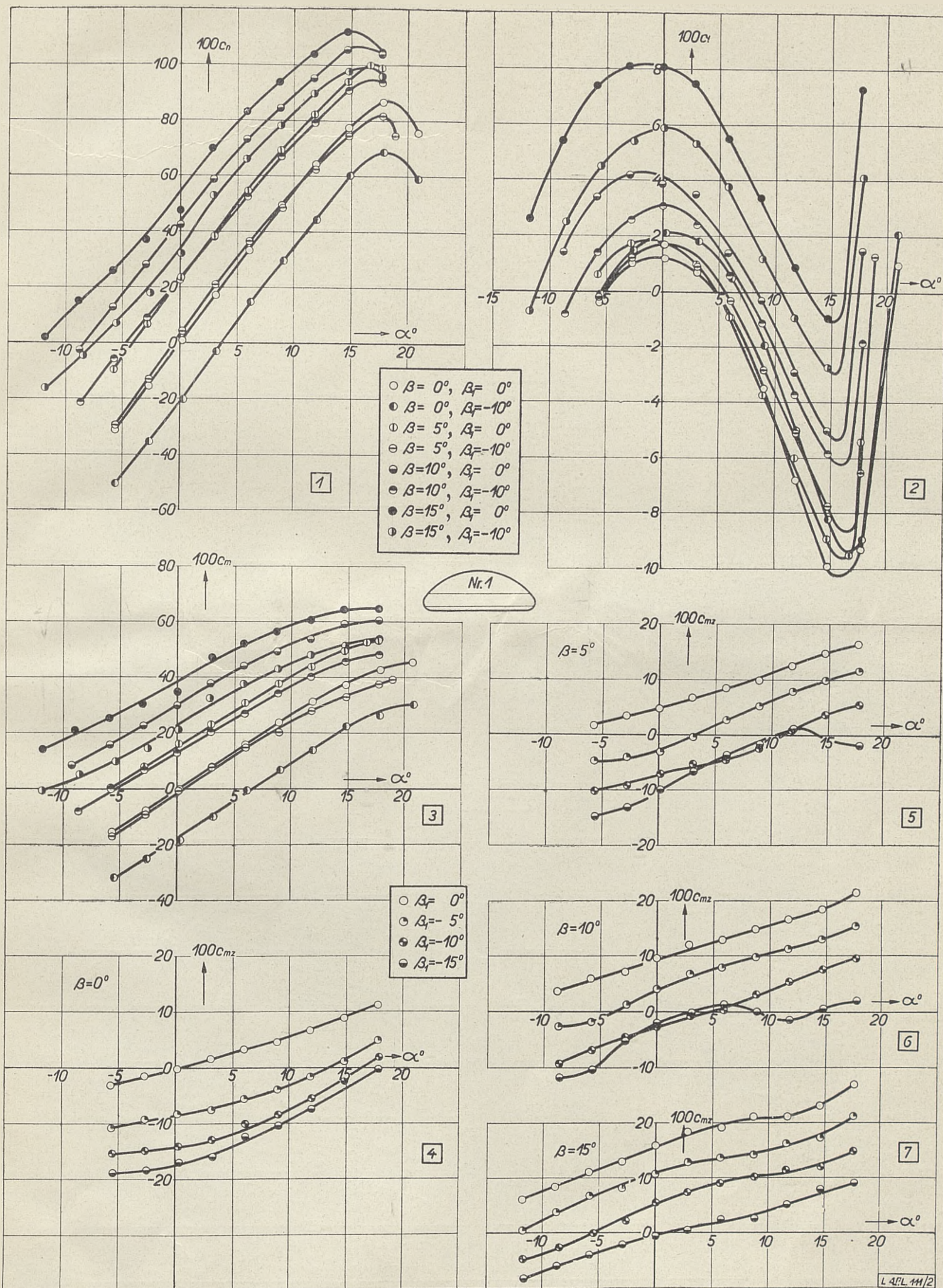
[1]) „Lwowskie Czasop. Lotnicze", r. 1933, str. 27—32, r. 1933, str. 41—53, r. 1934, str. 56—61, r. 1935, str. 13—22.

[2]) l. c.

[3]) Porówn. Kirste Leon. Etude sur les gouvernails compensés, Paris, 1932.

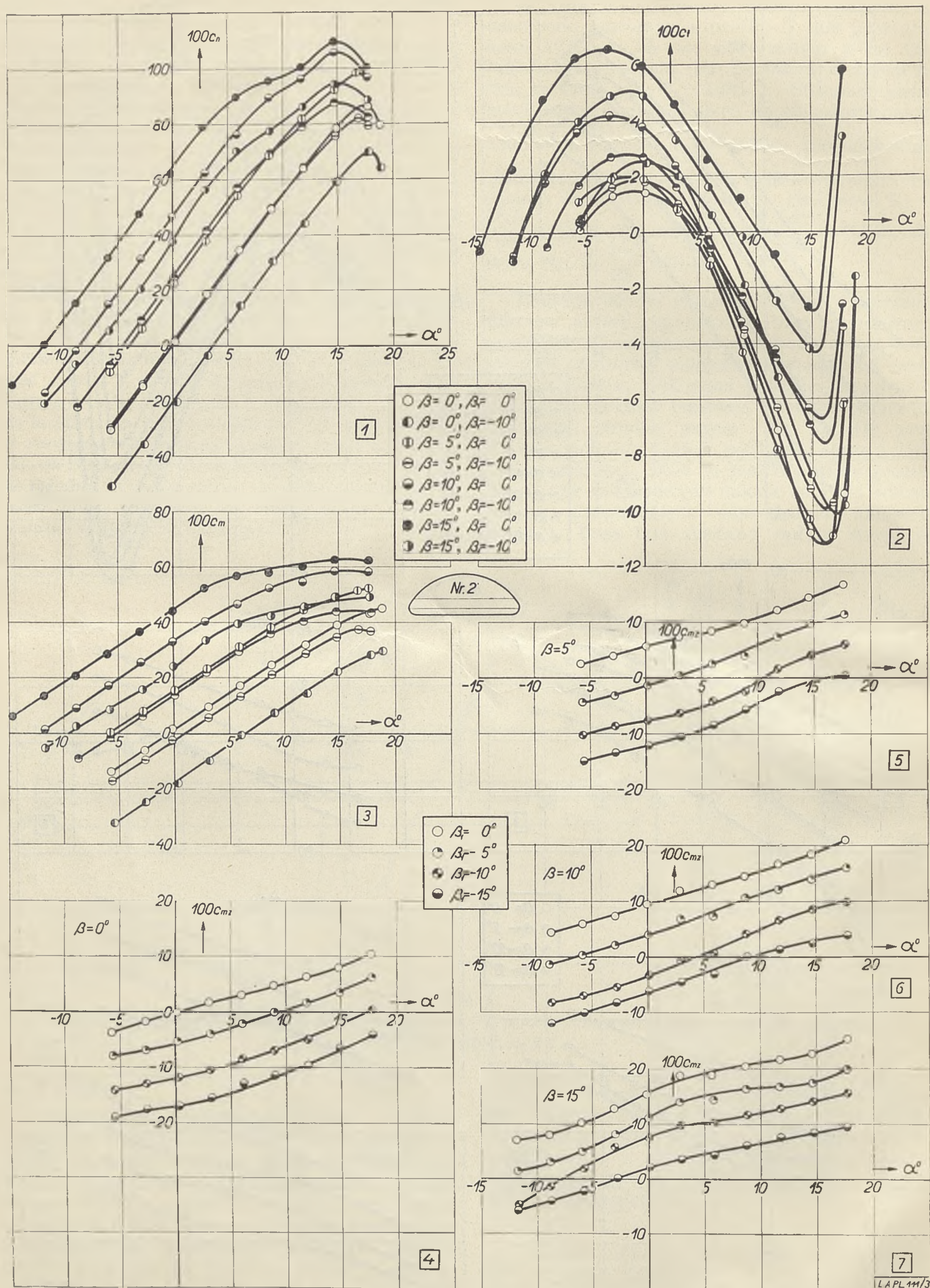
[4]) Porówn. Clark K. W., Methods of visualising air flow with observations on several aerofoils in the wind tunnel, Rep. and Memor. Nr. 1552, 1933.

[5]) Fuchs Z., Pomiar rozkładu ciśnień wzdłuż powierzchni przy pomocy sondy ciśnień statycznych. Czas. Lotn. Nr. 1, 1933.



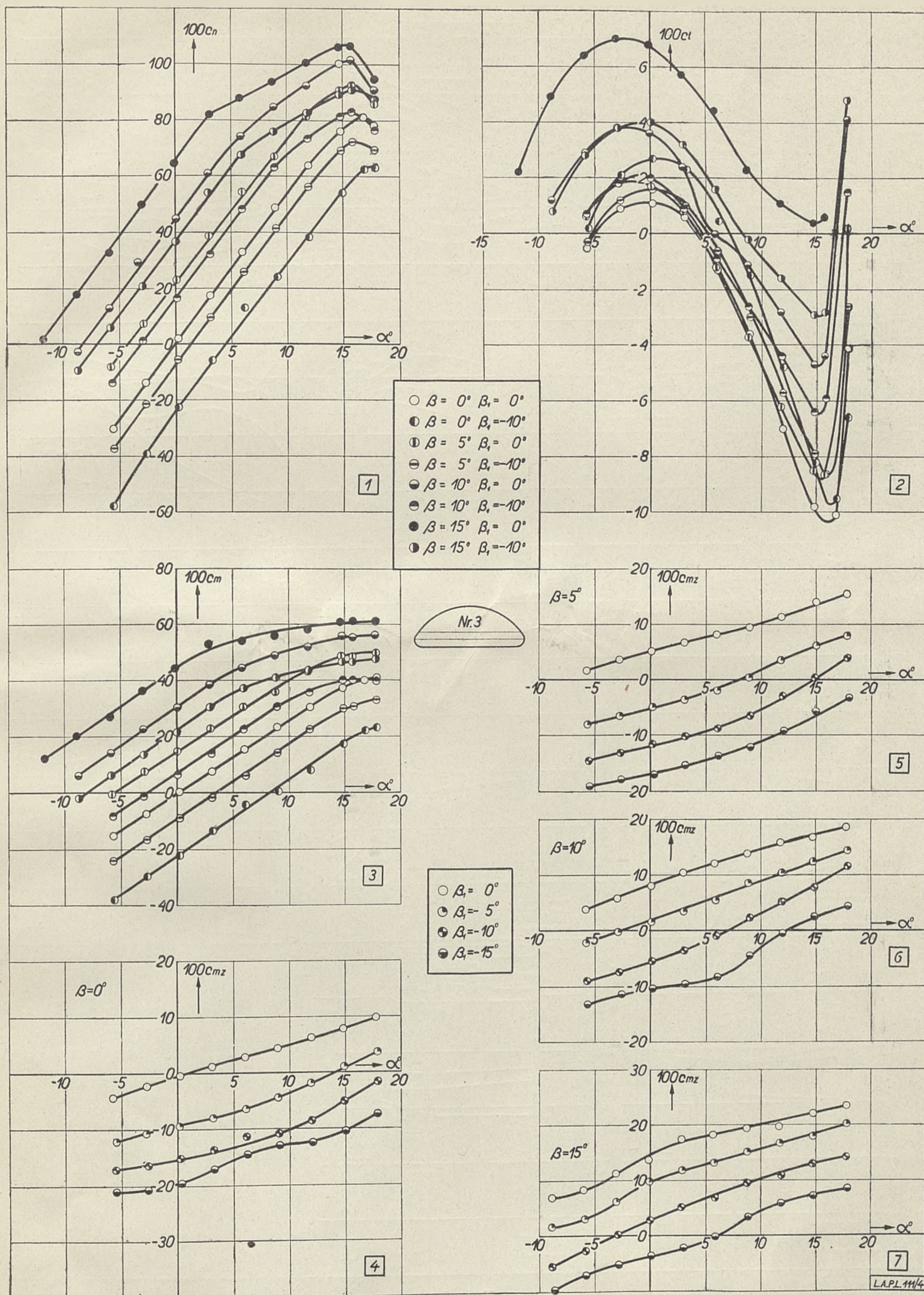

Ryc. 2.

*Wykresy spółczynników $c_n$, $c_l$ i $c_m$ w zależności od kąta natarcia $\alpha$ dla całego usterzenia, tudzież wykresy spółczynnika momentu zawiasowego $c_{mz}$ dla części ruchomej usterzenia w zależności od kąta $\alpha$ — przy zmiennych kątach $\beta$ i $\beta_1$ dla usterzenia № 1 wedle ryc. 1.*



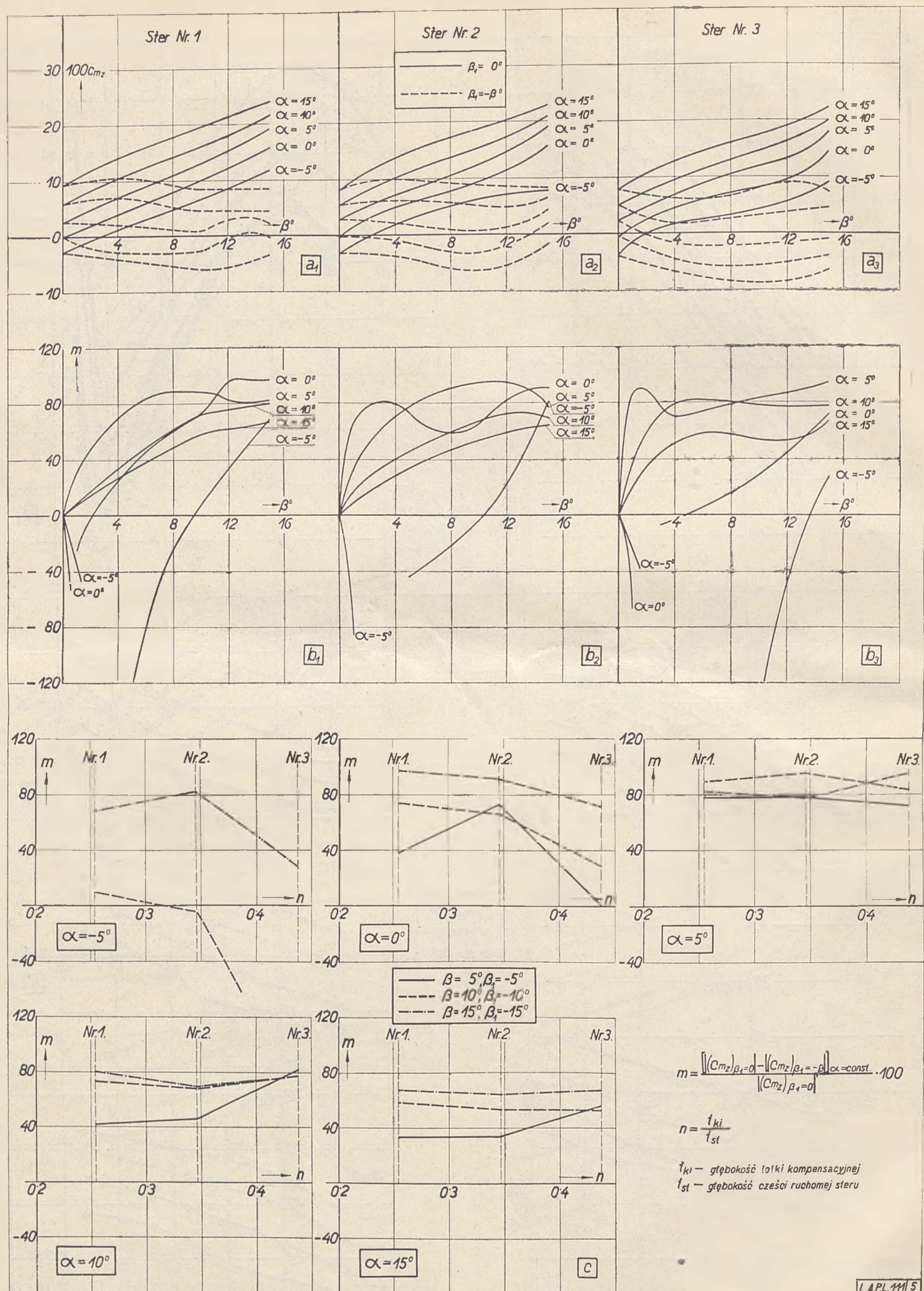

Ryc. 3.

*Wykresy spółczynników $c_n$, $c_t$ i $c_m$ w zależności od kąta natarcia $\alpha$ dla całego usterzenia, tudzież wykresy spółczynnika momentu zawiasowego $c_{mz}$ dla części ruchomej usterzenia w zależności od kąta $\alpha$ — przy zmiennych kątach $\beta$ i $\beta_1$ dla usterzenia № 2 wedle ryc. 1.*




Ryc. 4.

*Wykresy spółczynników $c_n$, $c_l$ i $c_m$ w zależności od kąta natarcia $\alpha$ dla całego usterzenia, tudzież wykresy spółczynnika momentu zawiasowego $c_{mz}$ dla części ruchomej usterzenia w zależności od kąta $\alpha$ — przy zmiennych kątach $\beta$ i $\beta_1$ dla usterzenia № 3 wedle ryc. 1.*




Ryc. 5.

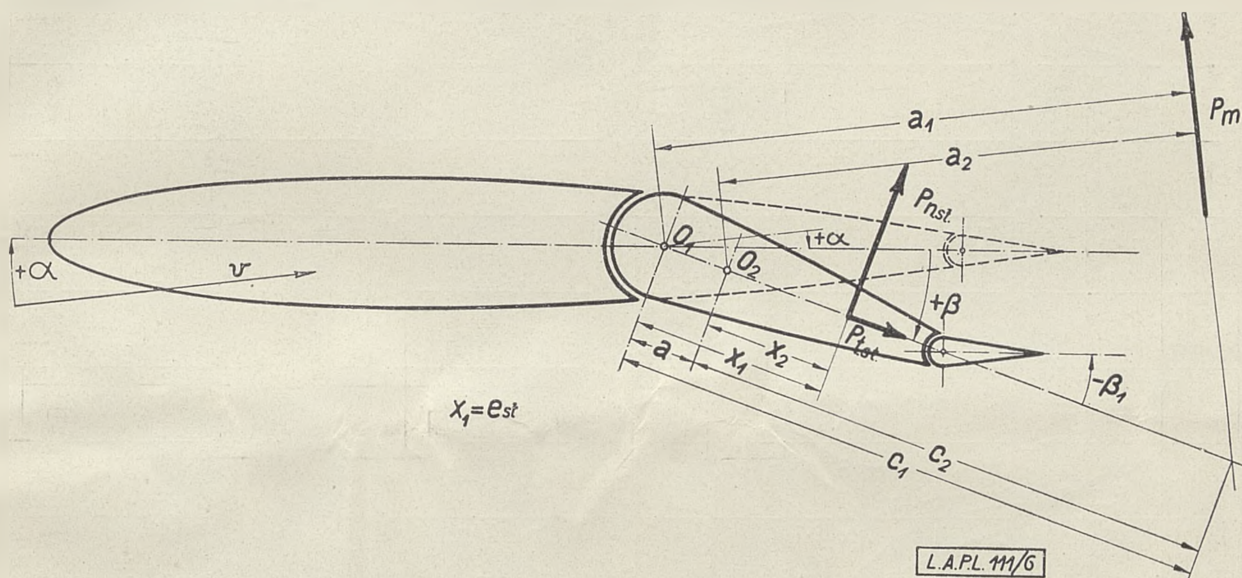
*Wykresy spółczynników momentu zawiasowego $c_{mz} = f(\beta)$ przy zmiennych $\alpha$ dla kompensacji $\beta_1 = -\beta$ i bez kompensacji ($\beta_1 = 0^0$) dla usterzenia № 1, № 2 i № 3. Wykazanie zysku (liczba m) na spółczynniku $c_{mz}$ przez zastosowanie kompensacji $\beta_1 = -\beta$ w zależności od kąta $\beta$ przy stałych kątach $\alpha$ dla rozpatrywanych trzech usterzeń, tudzież zmiana liczby m przy zmianie głębokości lotki kompensacyjnej.*

**2. Pomiar spółczynników siły aerodynamicznej i momentu.**

Na rycinach 2, 3, 4 zestawiono wykresy dla usterzeń Nr. 1, Nr. 2 i Nr. 3, a mianowicie: 1) zależność spółczynnika siły normalnej $c_n$ od kąta natarcia $\alpha$ dla całego opierzenia poziomego przy stałych kątach nastawienia części ruchomej $\beta$ i stałych kątach nastawienia lotki kompensacyjnej $\beta_1$. Wartości kąta $\beta$ były następujące: $\beta = 0^0$, $5^0$, $10^0$, $15^0$, zaś kąt $\beta_1$ był równy naprzemian $0^0$ i $-10^0$ dla każdorazowej wartości $\beta$. Wartość $c_n$ rośnie wraz z kątem natarcia $\alpha$ tak przy zastosowaniu kompensacji, jak i przy jej nieobecności ($\beta_1 = 0^0$), jednak w każdym wypadku jest wartość $c_n$ mniejsza przy wychyleniu lotki kompensacyjnej o kąt $\beta_1 = -10^0$ aniżeli przy $\beta_1 = 0^0$ przy równych zresztą kątach $\alpha$ i $\beta$. Występujące na wykresach dla usterzenia Nr. 1. Nr. 2 i Nr. 3 różnice wartości $c_n$ przy $\beta_1 = 0^0$, tudzież analogiczne różnice innych wielkości w następnych wykresach przy $\beta_1 = 0^0$ należy w głównej mierze przypisać wpływowi szczeliny przy lotce kompensacyjnej, zmieniającej swoje położenie wzdłuż głębokości części ruchomej steru.

2) Wykres spółczynnika siły stycznej $c_t$ dla całego opierzenia poziomego w zależności od kąta natarcia $\alpha$ przy stałych kątach $\beta$ i $\beta_1$ wykazuje najpierw wzrost $c_t$ przy przejściu od ujemnych kątów $\alpha$ do dodatnich, zaś następnie spadek wartości $c_t$ przy dalszym wzroście $\alpha$, po czym przejście na wartości ujemne $c_t$ czyli skierowane ku krawędzi natarcia profilu i znowu przejście spółczynnika $c_t$ na wartości dodatnie przy dalszym powiększaniu kąta natarcia $\alpha$. Powiększenie kąta ustawienia steru $\beta$ przy $\beta_1 = 0$ i $\beta_1 = -10^0$ powoduje na ogół wzrost wartości $c_t$.

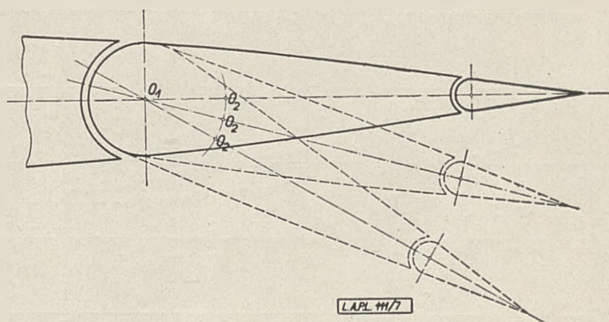
3) Z wykresów spółczynnika $c_m$ momentu dla całego opierzenia względem stycznej do krawędzi natarcia przeprowadzonej prostopadle do płaszczyzny symetrii, odniesionego do średniej głębokości opierzenia, w zależności od kąta natarcia $\alpha$ odczytujemy, że wzrost kąta ustawienia części ruchomej opierzenia $\beta$ przy kątach ustawienia lotki kompensacyjnej $\beta_1 = 0^0$ i $\beta_1 = -10^0$ powoduje wzrost spółczynnika $c_m$, tylko że wartości $c_m$ są mniejsze w wypadku $\beta_1 = -10^0$. Pogłębienie lotki kompensacyjnej przy przejściu od opierzenia Nr. 1 do opierzenia Nr. 3 powoduje obniżenie wartości spółczynnika momentu przy działaniu kompensacji.




*Ryc. 6.*

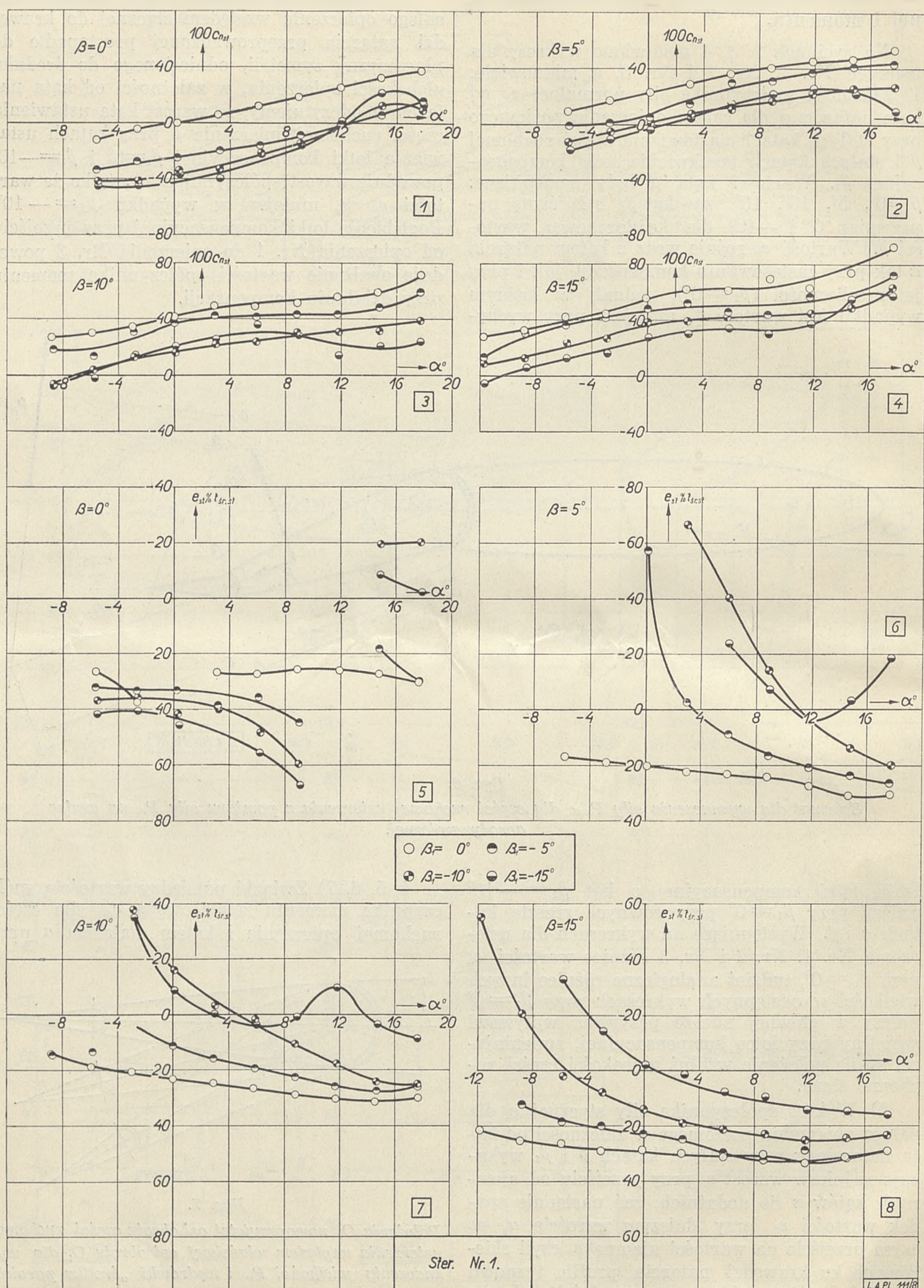
*Schemat dla wyznaczenia siły $P_{n\,st.}$ dla części ruchomej usterzenia z pomiaru siły $P_m$ na wadze aerodynamicznej.*

4, 5, 6, 7) Związki pomiędzy wartością spółczynnika momentu zawiasowego $c_{mz}$ dla części ruchomej opierzenia i kątem natarcia $\alpha$ przy położeniach steru odpowiadających kątowi $\beta = 0^0$, $5^0$, $10^0$, $15^0$, tudzież przy wychyleniu lotki kompensacyjnej odpowiadającym kątowi $\beta_1 = 0^0$, $-5^0$, $-10^0$, $-15^0$ dla opierzenia Nr. 1,



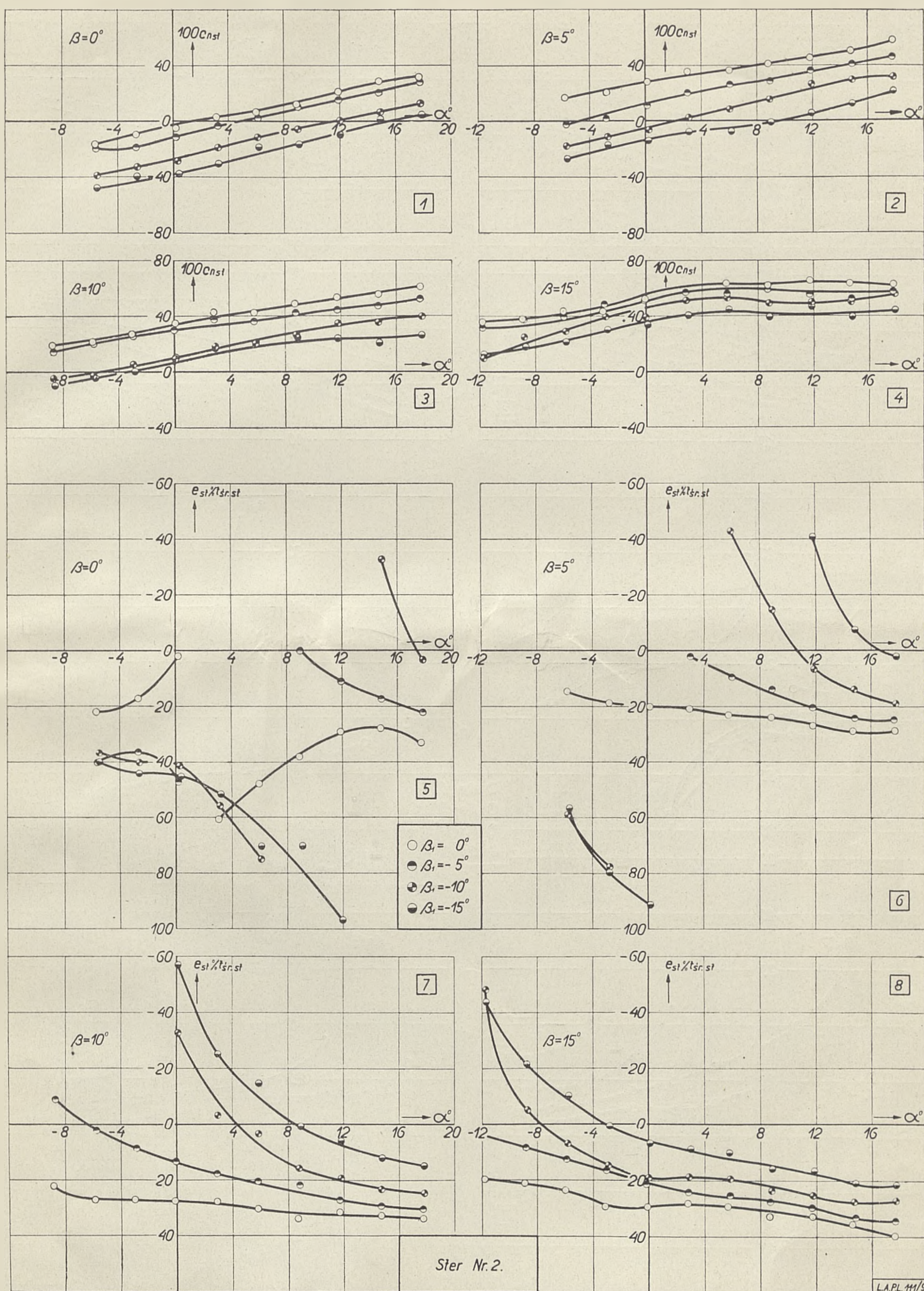

*Ryc. 7.*

*Położenia $O_2$ nowoprzyjętej osi obrotu części ruchomej usterzenia względem właściwej osi obrotu $O_1$ dla wyznaczenia wielkości $P_n$ i wędrówki „środka parcia".*



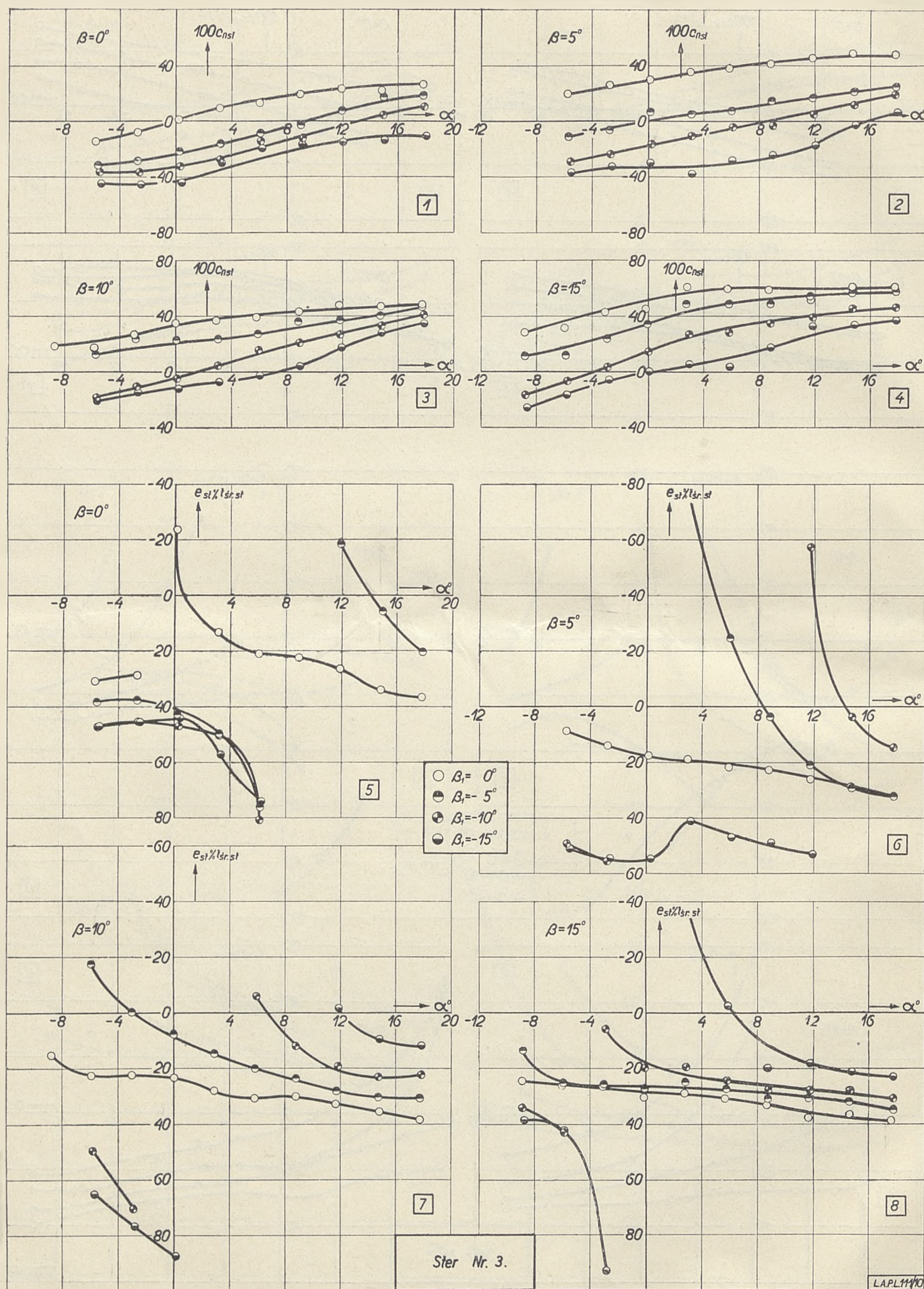

Ryc. 8.

*Zależność spółczynnika $c_{n\,st.}$ dla części ruchomej usterzenia od kąta α przy stałych β i $\beta_1$, tudzież wędrówka „środka parcia" dla usterzenia № 1.*




Ryc. 9.

*Zależność spółczynnika $c_{n\,st.}$ dla części ruchomej usterzenia od kąta $\alpha$ przy stałych $\beta$ i $\beta_1$, tudzież wędrówka „środka parcia" dla usterzenia № 2.*




Ryc. 10.

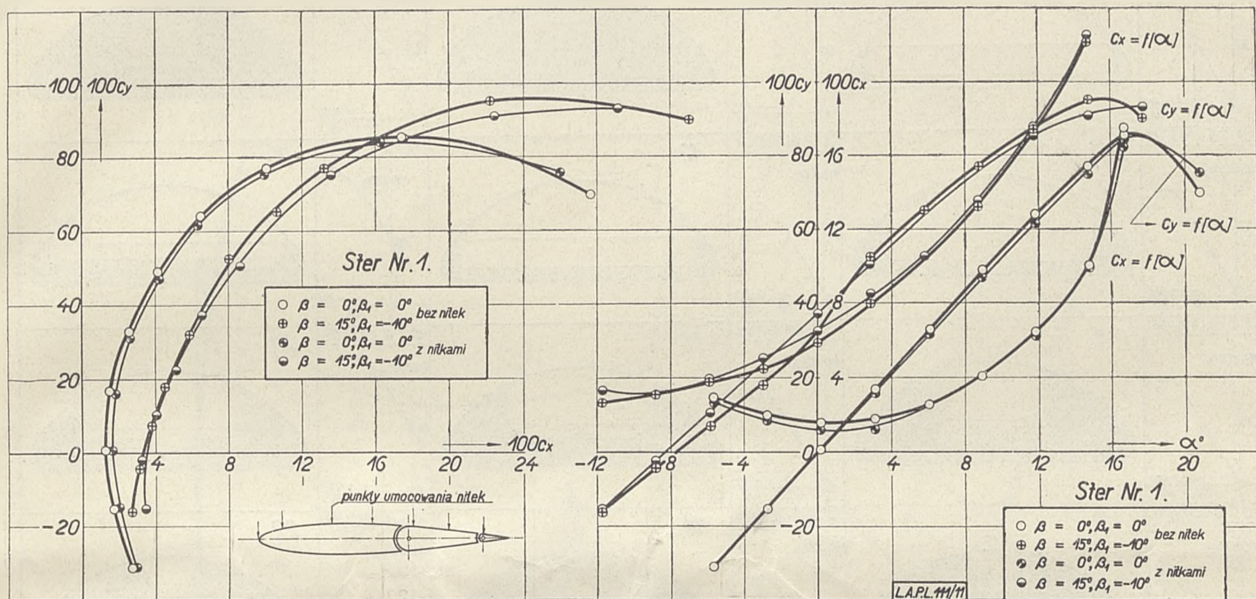
*Zależność spółczynnika $c_{n\,st.}$ dla części ruchomej usterzenia od kąta $\alpha$ przy stałych $\beta$ i $\beta_1$, tudzież wędrówka „środka parcia" dla usterzenia № 3.*

Nr. 2 i Nr. 3. Spółczynnik $c_{mz}$ odniesiono do powierzchni części ruchomej steru (wraz z lotką kompensacyjną) i do średniej głębokości tej części ruchomej. Przyrost kąta $\beta$ powoduje przy równych zresztą warunkach przyrost wartości $c_{mz}$, zaś wychylenie lotki kompensacyjnej o wskazane ujemne wartości kąta $\beta_1$ przy równych zresztą $\alpha$ i $\beta$ zmniejsza wydatnie wartość $c_{mz}$ względnie sprzyja pojawieniu się momentu zawiasowego o przeciwnym znaku.

opierzeń wykresy $m = f(\beta)$ (ryc. 5. $b_1$, $b_2$, $b_3$), gdzie

$$m = \frac{\left\{ \left| (c_{mz})_{\beta_1 = 0} \right| - \left| (c_{mz})_{\beta_1 = -\beta} \right| \right\}_{\alpha = \text{const.}}}{\left| (c_{mz})_{\beta_1 = 0} \right|} \cdot 100$$

oznacza stosunek różnicy bezwzględnych wartości spółczynników $c_{mz}$ bez i przy kompensacji dla $\alpha = \text{const.}$ i bezwzględnej wartości $c_{mz}$ bez kompensacji pomnożony przez 100. Dodatnie wartości $m$ oznaczają zatem procent zysku, ujemne zaś procent straty na momencie zawia-




*Ryc. 11.*

*Porównanie wartości spółczynników sił aerodynamicznych dla usterzenia poziomego № 1 przy obecności i nieobecności nitek jedwabnych na górnej powierzchni modelu, stosowanych dla uwidocznienia opływu strugi powietrza.*

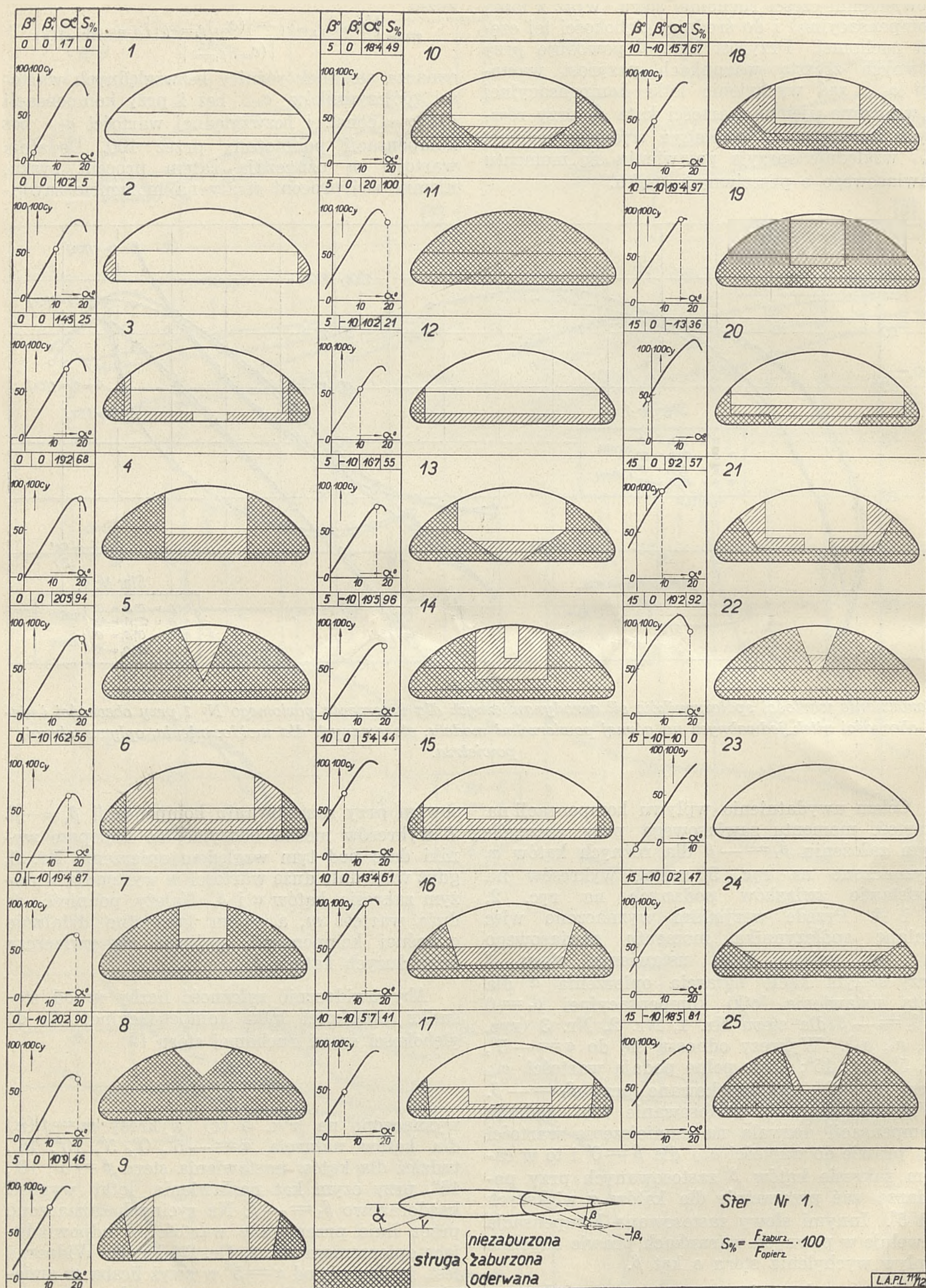
Celem uwydatnienia wpływu kompensacji na wartość momentu zawiasowego przy szczególnym założeniu $\beta_1 = -\beta$ dla różnych kątów $\alpha$, wyznaczono na ryc. 5 szereg wykresów na podstawie związków podanych na ryc. 2, 3 i 4. Przede wszystkim wyznaczono więc zmianę spółczynnika momentu zawiasowego $c_{mz}$ ze zmianą kąta ustawienia steru $\beta$ przy stałym kącie natarcia opierzenia $\alpha$ dla kąta ustawienia lotki kompensacyjnej $\beta_1 = 0$ i $\beta_1 = -\beta$ dla steru Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 (ryc. $a_1$, $a_2$, $a_3$). Wykresy odnoszą się do $\alpha = -5^0$, $0^0$, $5^0$, $10^0$, $15^0$; linie pełne podają wartości $c_{mz}$ przy $\beta_1 = 0^0$, zaś kreskowane przy $\beta_1 = -\beta$. Widoczne jest, że zastosowanie tego rodzaju kompensacji dozwala na zmniejszenie wartości $c_{mz}$ prawie do wartości $c_{mz}$ dla $\beta = 0^0$ i to w całym zakresie kątów $\beta$ zastosowanych przy pomiarze, zaś przeważnie dla kątów $\alpha$ większych od $5^0$. Innymi słowy zastosowana kompensacja niweluje w pewnych warunkach prawie zupełnie wpływ wychylenia steru o kąt $\beta$.

Celem wykazania procentowego zysku na spółczynniku $c_{mz}$ otrzymanego wskutek zastosowania kompensacji $\beta_1 = -\beta$ w stosunku do spółczynnika momentu zawiasowego przy nieobecności kompensacji wyznaczono dla trzech sowym przy zastosowaniu kompensacji $\beta_1 = -\beta$. Z wykresów można odczytać, że najlepsze wyniki daje pod tym względem opierzenie Nr. 3, gdyż względnie duże wartości $m$ występują w dużym zakresie kątów $\alpha$ i $\beta$. Należy podnieść, że duża wartość $m$, a zatem korzystne działanie odnośnej kompensacji, pojawia się zwłaszcza przy dużych kątach $\beta$.

Aby uwidocznić zależność liczby $m$ od stosunku głębokości lotki kompensacyjnej $t_{ki}$ do głębokości części ruchomej steru $t_{st}$

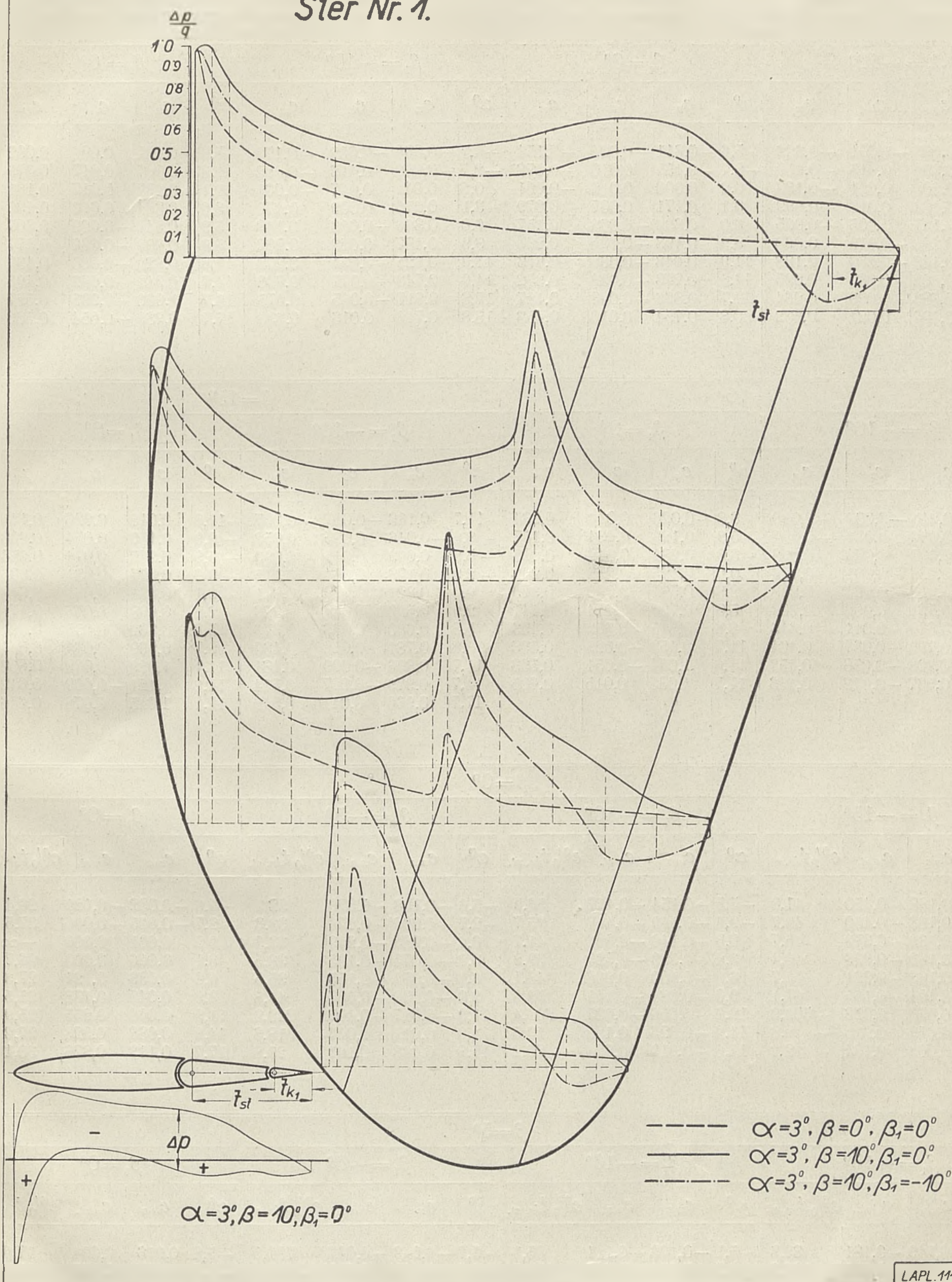
$$n = \frac{t_{ki}}{t_{st}},$$

wyznaczono na ryc. 5 ($c$) wykresy $m = f(n)$ dla kątów natarcia $\alpha = -5^0$, $0^0$, $5^0$, $10^0$, $15^0$, tudzież dla kątów nastawienia steru $\beta = 5^0$, $10^0$, $15^0$, przy czym kąt nastawienia lotki wynosił każdorazowo $\beta_1 = -\beta$. Na rycinach zaznaczono przez linie przerywane wartości $n$ odpowiadające opierzeniom Nr. 1, Nr. 2 i Nr. 3. Widoczne jest, że dopiero od $\alpha = 5^0$ w zwyż liczba $m$ zmienia się nieznacznie wraz z $n$, zwłaszcza przy dużych $\beta$, przy czym w niektórych wypadkach, jak np. przy $\alpha = 10^0$ dla opierzenia Nr. 3, staje się działanie kompensacji prawie niezależne od wielkości kąta $\beta$.




Ryc. 12.

*Schematy zaburzenia wzgl. oderwania strugi opływającej górną powierzchnię usterzenia № 1 na podstawie zdjęć fotograficznych przy pomocy metody „nitkowej".*




*Ryc. 13.*

*Rozkłady ciśnień wypadkowych na usterzeniu № 1 przy niewychylonym sterze, przy wychylonym sterze ($\beta=10^0$) przy wychylonym sterze ($\beta=10^0$) i działaniu lotki kompensacyjnej ($\beta_1=-10^0$) dla $\alpha=3^0$.*

Tabela I. Usterzenie poziome № 1 o profilu *G* 409 i grubości 12,7 %. Stosunek głębokości części ruchomej i całego usterzenia $= \frac{65}{165} = 0{,}394$, stosunek głębokości lotki kompensacyjnej i części ruchomej usterzenia $= \frac{16{,}5}{65} = 0{,}254$.

| $\beta = 0^0$ | | | | | | | | $\beta = 5^0$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | | $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −5,5 | −0,505 | −0,001 | −0,322 | −5,6 | −0,311 | −0,004 | −0,154 | −5,7 | −0,296 | −0,002 | −0,170 | −5,8 | −0,097 | 0,006 | 0,002 |
| −2,6 | −0,353 | 0,015 | −0,250 | −2,7 | −0,155 | 0,010 | −0,078 | −2,7 | −0,130 | 0,012 | −0,092 | −2,8 | 0,067 | 0,017 | 0,079 |
| 0,3 | −0,202 | 0,021 | −0,183 | 0,2 | 0,008 | 0,012 | −0,001 | 0,2 | 0,042 | 0,017 | −0,005 | 0,1 | 0,237 | 0,017 | 0,161 |
| 3,2 | −0,033 | 0,018 | −0,099 | 3,1 | 0,171 | 0,007 | 0,079 | 3,1 | 0,210 | 0,009 | 0,076 | 3,0 | 0,384 | 0,010 | 0,230 |
| 6,2 | 0,147 | 0,005 | −0,005 | 6,0 | 0,332 | −0,009 | 0,157 | 6,0 | 0,366 | −0,003 | 0,148 | 5,9 | 0,547 | −0,009 | 0,307 |
| 9,0 | 0,296 | −0,019 | 0,068 | 8,9 | 0,493 | −0,035 | 0,238 | 8,9 | 0,487 | −0,028 | 0,202 | 8,8 | 0,692 | −0,037 | 0,377 |
| 12,0 | 0,442 | −0,050 | 0,138 | 11,9 | 0,643 | −0,068 | 0,313 | 11,9 | 0,625 | −0,051 | 0,270 | 11,8 | 0,822 | −0,060 | 0,439 |
| 14,9 | 0,602 | −0,082 | 0,225 | 14,8 | 0,773 | −0,099 | 0,372 | 14,8 | 0,743 | −0,077 | 0,330 | 14,7 | 0,942 | −0,089 | 0,495 |
| 17,8 | 0,683 | −0,089 | 0,264 | 17,7 | 0,866 | −0,093 | 0,427 | 17,8 | 0,817 | −0,065 | 0,375 | 16,7 | 1,000 | −0,095 | 0,527 |
| 20,9 | 0,590 | 0,021 | 0,302 | 20,8 | 0,754 | 0,010 | 0,458 | 18,8 | 0,746 | 0,013 | 0,393 | 17,7 | 0,989 | −0,054 | 0,533 |

| $\beta = 10^0$ | | | | | | | | $\beta = 15^0$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | | $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −8,7 | −0,215 | −0,008 | −0,080 | −8,8 | −0,026 | 0,014 | 0,084 | −11,7 | −0,163 | −0,007 | −0,007 | −11,8 | 0,018 | 0,026 | 0,141 |
| −5,8 | −0,056 | 0,014 | −0,001 | −5,9 | 0,129 | 0,034 | 0,157 | − 8,8 | −0,046 | 0,025 | 0,052 | − 8,9 | 0,150 | 0,054 | 0,208 |
| −2,9 | 0,092 | 0,026 | 0,068 | −3,0 | 0,281 | 0,042 | 0,225 | − 5,8 | 0,069 | 0,045 | 0,099 | − 5,9 | 0,260 | 0,074 | 0,254 |
| 0,1 | 0,226 | 0,031 | 0,129 | 0,0 | 0,425 | 0,039 | 0,299 | − 2,9 | 0,178 | 0,054 | 0,145 | − 3,0 | 0,370 | 0,081 | 0,305 |
| 3,0 | 0,380 | 0,024 | 0,203 | 2,9 | 0,587 | 0,035 | 0,379 | 0,0 | 0,321 | 0,059 | 0,211 | − 0,1 | 0,476 | 0,081 | 0,348 |
| 5,9 | 0,527 | 0,006 | 0,269 | 5,8 | 0,730 | 0,014 | 0,441 | 2,9 | 0,529 | 0,053 | 0,326 | 2,8 | 0,698 | 0,075 | 0,471 |
| 8,8 | 0,670 | −0,011 | 0,343 | 8,8 | 0,845 | −0,003 | 0,493 | 5,8 | 0,660 | 0,038 | 0,376 | 5,8 | 0,832 | 0,055 | 0,521 |
| 11,8 | 0,793 | −0,037 | 0,401 | 11,7 | 0,953 | −0,029 | 0,538 | 8,8 | 0,781 | 0,012 | 0,430 | 8,7 | 0,939 | 0,034 | 0,564 |
| 14,7 | 0,908 | −0,058 | 0,457 | 14,6 | 1,054 | −0,051 | 0,593 | 11,7 | 0,896 | −0,009 | 0,481 | 11,7 | 1,039 | 0,009 | 0,608 |
| 17,7 | 0,937 | −0,018 | 0,483 | 17,7 | 1,038 | 0,015 | 0,605 | 14,7 | 0,979 | −0,027 | 0,514 | 14,6 | 1,121 | −0,009 | 0,642 |
| | | | | | | | | 17,7 | 0,960 | 0,041 | 0,540 | 17,7 | 1,045 | 0,073 | 0,646 |

| $\beta = 0^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1 = -15^0$ | | | | $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = -5^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,5 | −0,188 | −0,450 | 41,8 | −5,5 | −0,154 | −0,417 | 36,9 | −5,6 | −0,108 | −0,336 | 32,1 | −5,6 | −0,032 | −0,121 | 26,4 |
| −2,6 | −0,183 | −0,450 | 40,7 | −2,6 | −0,149 | −0,417 | 35,7 | −2,7 | −0,092 | −0,276 | 33,3 | −2,7 | −0,015 | −0,040 | 37,5 |
| 0,4 | −0,169 | −0,370 | 45,7 | 0,3 | −0,140 | −0,336 | 41,7 | 0,2 | −0,083 | −0,249 | 33,3 | 0,2 | −0,001 | 0,000 | $-\infty$ |
| 3,3 | −0,160 | −0,396 | 40,4 | 3,2 | −0,129 | −0,329 | 39,2 | 3,2 | −0,075 | −0,195 | 38,5 | 3,1 | 0,016 | 0,060 | 26,7 |
| 6,2 | −0,123 | −0,221 | 55,7 | 6,2 | −0,100 | −0,208 | 48,1 | 6,1 | −0,055 | −0,155 | 35,5 | 6,0 | 0,033 | 0,121 | 27,3 |
| 9,1 | −0,104 | −0,155 | 67,1 | 9,0 | −0,084 | −0,141 | 59,6 | 9,0 | −0,039 | −0,087 | 44,8 | 8,9 | 0,048 | 0,188 | 25,5 |
| 12,0 | −0,075 | 0,013 | −576,9 | 12,0 | −0,056 | −0,027 | 207,4 | 11,9 | −0,017 | −0,007 | 242,9 | 11,9 | 0,066 | 0,255 | 25,9 |
| 14,9 | −0,019 | 0,215 | − 8,8 | 14,9 | −0,025 | 0,128 | − 19,5 | 14,8 | 0,011 | 0,060 | 18,3 | 14,8 | 0,088 | 0,323 | 27,2 |
| 17,9 | −0,003 | 0,134 | − 2,2 | 17,8 | −0,019 | 0,094 | − 20,2 | 17,8 | 0,048 | 0,161 | 29,8 | 17,7 | 0,113 | 0,376 | 30,1 |

| $\beta = 5^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1 = -15^0$ | | | | $\beta_1 = -10^0$ | | | | $\beta_1 = -5^0$ | | | | $\beta_1 = 0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,6 | −0,149 | −0,181 | 82,3 | −5,7 | −0,103 | −0,121 | 85,1 | −5,7 | −0,049 | −0,007 | 700,0 | −5,8 | 0,016 | 0,094 | 17,0 |
| −2,7 | −0,132 | −0,108 | 122,2 | −2,7 | −0,092 | −0,047 | 195,5 | −2,8 | −0,041 | 0,013 | −315,4 | −2,8 | 0,033 | 0,175 | 18,9 |
| 0,2 | −0,100 | −0,034 | 294,1 | 0,2 | −0,072 | 0,013 | −553,8 | 0,1 | −0,031 | 0,054 | − 57,4 | 0,1 | 0,047 | 0,235 | 20,0 |
| 3,1 | −0,066 | 0,054 | −122,2 | 3,1 | −0,054 | 0,081 | − 66,7 | 3,0 | −0,004 | 0,155 | − 2,6 | 3,0 | 0,066 | 0,296 | 22,3 |
| 6,0 | −0,037 | 0,155 | − 23,9 | 6,0 | −0,046 | 0,114 | − 40,4 | 6,0 | 0,027 | 0,309 | 8,7 | 5,9 | 0,085 | 0,370 | 23,0 |
| 9,0 | −0,017 | 0,228 | − 7,5 | 8,9 | −0,025 | 0,175 | − 14,3 | 8,9 | 0,052 | 0,316 | 16,5 | 8,8 | 0,099 | 0,410 | 24,1 |
| 11,9 | 0,011 | 0,262 | 4,2 | 11,9 | 0,008 | 0,228 | 3,5 | 11,8 | 0,078 | 0,376 | 20,7 | 11,8 | 0,125 | 0,457 | 27,4 |
| 14,9 | −0,008 | 0,228 | − 3,5 | 14,8 | 0,037 | 0,269 | 13,8 | 14,8 | 0,098 | 0,417 | 23,5 | 14,7 | 0,146 | 0,470 | 31,1 |
| 17,8 | −0,019 | 0,101 | − 18,8 | 17,8 | 0,055 | 0,276 | 19,9 | 17,7 | 0,115 | 0,437 | 26,3 | 17,7 | 0,164 | 0,538 | 30,5 |

| β=10° | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ |
| −8,7 | −0,119 | −0,074 | 160,8 | −8,7 | −0,094 | −0,067 | 164,9 | −8,7 | −0,026 | 0,181 | −14,4 | −8,8 | 0,037 | 0,269 | 13,8 |
| −5,7 | −0,103 | −0,020 | 515,0 | −5,8 | −0,069 | 0,034 | −202,9 | −5,8 | −0,018 | 0,134 | −13,4 | −5,9 | 0,056 | 0,296 | 18,9 |
| −2,8 | −0,052 | 0,148 | − 35,1 | −2,9 | −0,046 | 0,121 | − 38,0 | −2,9 | 0,013 | 0,302 | 4,3 | −3,0 | 0,072 | 0,349 | 20,6 |
| 0,1 | −0,018 | 0,202 | − 8,9 | 0,1 | −0,026 | 0,161 | − 16,1 | 0,0 | 0,041 | 0,370 | 11,1 | 0,0 | 0,097 | 0,417 | 23,3 |
| 3,0 | −0,001 | 0,255 | − 0,4 | 3,0 | −0,007 | 0,215 | − 3,3 | 2,9 | 0,068 | 0,430 | 15,8 | 2,9 | 0,121 | 0,491 | 24,6 |
| 6,0 | 0,013 | 0,363 | 3,6 | 5,9 | 0,004 | 0,235 | 1,7 | 5,9 | 0,081 | 0,417 | 19,4 | 5,8 | 0,130 | 0,491 | 26,5 |
| 8,9 | 0,002 | 0,282 | 0,7 | 8,8 | 0,032 | 0,302 | 10,6 | 8,8 | 0,099 | 0,437 | 22,7 | 8,8 | 0,147 | 0,511 | 28,8 |
| 11,8 | −0,014 | 0,141 | − 9,9 | 11,8 | 0,055 | 0,309 | 17,8 | 11,7 | 0,113 | 0,437 | 25,9 | 11,7 | 0,168 | 0,558 | 30,1 |
| 14,8 | 0,007 | 0,208 | 3,4 | 14,7 | 0,077 | 0,316 | 24,4 | 14,7 | 0,131 | 0,484 | 27,1 | 14,6 | 0,185 | 0,591 | 31,3 |
| 17,7 | 0,020 | 0,235 | 8,5 | 17,7 | 0,097 | 0,390 | 24,9 | 17,7 | 0,155 | 0,598 | 25,9 | 17,7 | 0,215 | 0,719 | 29,9 |

| β=15° | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\ t_{śr.\,st.}$ |
| −11,7 | −0,082 | −0,054 | 151,9 | −11,7 | −0,048 | 0,087 | − 55,2 | −11,8 | 0,003 | 0,128 | 2,3 | −11,8 | 0,059 | 0,276 | 21,4 |
| − 8,7 | −0,060 | 0,054 | −111,1 | − 8,8 | −0,026 | 0,128 | − 20,3 | − 8,8 | 0,037 | 0,302 | 12,3 | − 8,9 | 0,082 | 0,323 | 25,4 |
| − 5,8 | −0,040 | 0,121 | − 33,1 | − 5,8 | 0,005 | 0,235 | 2,1 | − 5,9 | 0,066 | 0,363 | 18,2 | − 5,9 | 0,111 | 0,423 | 26,3 |
| − 2,9 | −0,023 | 0,161 | − 14,3 | − 2,9 | 0,021 | 0,269 | 7,8 | − 3,0 | 0,082 | 0,417 | 19,7 | − 3,0 | 0,130 | 0,450 | 28,9 |
| 0,1 | −0,006 | 0,276 | − 2,2 | 0,0 | 0,054 | 0,390 | 13,8 | 0,0 | 0,109 | 0,482 | 22,6 | − 0,1 | 0,158 | 0,558 | 28,3 |
| 3,0 | 0,004 | 0,302 | 1,3 | 2,9 | 0,075 | 0,396 | 18,9 | 2,9 | 0,129 | 0,524 | 24,6 | 2,8 | 0,183 | 0,618 | 29,6 |
| 5,9 | 0,026 | 0,343 | 7,6 | 5,8 | 0,089 | 0,423 | 21,0 | 5,8 | 0,137 | 0,464 | 29,5 | 5,8 | 0,190 | 0,612 | 31,0 |
| 8,8 | 0,028 | 0,302 | 9,3 | 8,8 | 0,101 | 0,444 | 22,7 | 8,7 | 0,142 | 0,444 | 32,0 | 8,7 | 0,210 | 0,699 | 30,0 |
| 11,8 | 0,053 | 0,376 | 14,1 | 11,7 | 0,113 | 0,450 | 25,1 | 11,7 | 0,164 | 0,571 | 28,7 | 11,7 | 0,210 | 0,632 | 33,2 |
| 14,7 | 0,081 | 0,551 | 14,7 | 14,7 | 0,120 | 0,491 | 24,4 | 14,7 | 0,174 | 0,551 | 31,6 | 14,6 | 0,231 | 0,746 | 31,0 |
| 17,7 | 0,092 | 0,578 | 15,9 | 17,7 | 0,149 | 0,638 | 23,4 | 17,7 | 0,211 | 0,726 | 29,1 | 17,7 | 0,269 | 0,927 | 29,0 |

Rozpiętość $b=0{,}450\ m$, powierzchnia usterzenia $F=0{,}057\ m^2$, średnia głębokość usterzenia $t_{śr.\,op.}=0{,}127\ m$, wydłużenie $\lambda=b^2/F=3{,}5$, powierzchnia steru $f=0{,}0303\ m^2$, stosunek $f/F=0{,}532$, średnia głębokość steru $t_{śr.\,st.}=0{,}0672\ m$, powierzchnia lotki kompensacyjnej $f_k=0{,}0080\ m^2$, stosunek $f_k/f=0{,}267$, średnia głębokość lotki kompensacyjnej $t_{śr.\,k.}=0{,}018\ m$, $R=\frac{16{,}5\,.\,3030}{0{,}15}=3{,}3\,.\,10^5$.

Tabela II. Usterzenie poziome № 2 o profilu $G$ 409 i grubości 12,7%. Stosunek głębokości części ruchomej i całego usterzenia $=\frac{65}{165}=0{,}394$, stosunek głębokości lotki kompensacyjnej i części ruchomej usterzenia $=\frac{22{,}5}{65}=0{,}346$.

| β=0° | | | | | | | | β=5° | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −5,5 | −0,510 | 0,005 | −0,324 | −5,7 | −0,305 | 0,001 | −0,139 | −5,7 | −0,299 | 0,004 | −0,173 | −5,8 | −0,095 | 0,011 | 0,005 |
| −2,6 | −0,356 | 0,020 | −0,247 | −2,7 | −0,148 | 0,013 | −0,061 | −2,7 | −0,140 | 0,016 | −0,099 | −2,8 | 0,061 | 0,019 | 0,080 |
| 0,3 | −0,204 | 0,025 | −0,181 | 0,2 | 0,017 | 0,014 | 0,017 | 0,2 | 0,014 | 0,018 | −0,024 | 0,1 | 0,225 | 0,019 | 0,158 |
| 3,2 | −0,037 | 0,020 | −0,100 | 3,1 | 0,188 | 0,007 | 0,096 | 3,1 | 0,188 | 0,010 | 0,055 | 3,0 | 0,379 | 0,008 | 0,233 |
| 6,1 | 0,145 | 0,006 | −0,003 | 6,0 | 0,346 | −0,010 | 0,174 | 6,0 | 0,347 | −0,006 | 0,134 | 5,9 | 0,543 | −0,012 | 0,312 |
| 9,0 | 0,306 | −0,019 | 0,076 | 8,9 | 0,496 | −0,037 | 0,247 | 8,9 | 0,499 | −0,035 | 0,212 | 8,8 | 0,688 | −0,043 | 0,383 |
| 12,0 | 0,444 | −0,052 | 0,144 | 11,9 | 0,642 | −0,072 | 0,320 | 11,9 | 0,645 | −0,063 | 0,289 | 11,8 | 0,821 | −0,078 | 0,447 |
| 14,9 | 0,593 | −0,087 | 0,223 | 14,8 | 0,787 | −0,108 | 0,390 | 14,8 | 0,758 | −0,092 | 0,346 | 14,7 | 0,926 | −0,103 | 0,492 |
| 17,8 | 0,700 | −0,098 | 0,281 | 17,7 | 0,867 | −0,094 | 0,433 | 16,8 | 0,823 | −0,097 | 0,375 | 16,7 | 0,985 | −0,109 | 0,515 |
| 18,9 | 0,642 | −0,016 | 0,296 | 18,8 | 0,797 | −0,025 | 0,450 | 17,8 | 0,795 | −0,061 | 0,369 | 17,7 | 0,968 | −0,062 | 0,522 |

| β=10° | | | | | | | | β=15° | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −8,7 | −0,223 | −0,005 | −0,091 | −11,7 | −0,171 | −0,008 | 0,013 | −11,7 | −0,212 | −0,010 | −0,053 | −11,8 | 0,003 | 0,023 | 0,134 |
| −5,8 | −0,068 | 0,017 | −0,016 | − 8,8 | −0,019 | 0,018 | 0,091 | − 8,8 | −0,067 | 0,021 | 0,026 | − 8,9 | 0,155 | 0,048 | 0,207 |
| −2,9 | 0,092 | 0,027 | 0,060 | − 5,9 | 0,150 | 0,036 | 0,172 | − 5,8 | 0,055 | 0,040 | 0,086 | − 6,0 | 0,319 | 0,063 | 0,286 |
| 0,1 | 0,248 | 0,027 | 0,136 | − 3,0 | 0,314 | 0,042 | 0,255 | − 2,9 | 0,205 | 0,049 | 0,160 | − 3,1 | 0,477 | 0,066 | 0,367 |
| 3,0 | 0,418 | 0,016 | 0,219 | − 0,1 | 0,468 | 0,038 | 0,328 | 0,0 | 0,376 | 0,049 | 0,242 | − 0,1 | 0,624 | 0,060 | 0,441 |
| 5,9 | 0,573 | −0,006 | 0,296 | 2,9 | 0,626 | 0,024 | 0,403 | 2,9 | 0,563 | 0,033 | 0,335 | 2,8 | 0,791 | 0,046 | 0,521 |
| 8,8 | 0,697 | −0,023 | 0,358 | 5,8 | 0,764 | −0,001 | 0,466 | 5,8 | 0,703 | 0,016 | 0,398 | 5,7 | 0,900 | 0,026 | 0,569 |
| 11,8 | 0,793 | −0,045 | 0,404 | 8,7 | 0,896 | −0,032 | 0,523 | 8,8 | 0,777 | −0,002 | 0,424 | 8,7 | 0,958 | 0,012 | 0,580 |
| 14,7 | 0,877 | −0,069 | 0,441 | 11,7 | 0,964 | −0,042 | 0,546 | 11,8 | 0,864 | −0,025 | 0,458 | 11,7 | 1,006 | −0,008 | 0,601 |
| 17,8 | 0,827 | −0,034 | 0,437 | 14,7 | 1,057 | −0,063 | 0,587 | 14,7 | 0,945 | −0,042 | 0,494 | 14,6 | 1,098 | −0,027 | 0,626 |
| | | | | 17,7 | 0,969 | −0,026 | 0,584 | 17,8 | 0,889 | 0,034 | 0,493 | 17,7 | 1,005 | 0,058 | 0,625 |

$\beta=0^0$

| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,5 | −0,191 | −0,476 | 40,1 | −5,5 | −0,142 | −0,385 | 36,9 | −5,6 | −0,079 | −0,196 | 40,3 | −5,7 | −0,037 | −0,168 | 22,0 |
| −2,6 | −0,176 | −0,399 | 44,1 | −2,6 | −0,129 | −0,322 | 40,1 | −2,7 | −0,069 | −0,189 | 36,5 | −2,7 | −0,017 | −0,098 | 17,3 |
| 0,4 | −0,171 | −0,378 | 45,2 | 0,3 | −0,119 | −0,287 | 41,5 | 0,2 | −0,053 | −0,112 | 47,3 | 0,2 | −0,001 | −0,049 | 2,0 |
| 3,3 | −0,155 | −0,301 | 51,5 | 3,2 | −0,105 | −0,189 | 55,6 | 3,2 | −0,040 | −0,035 | 114,3 | 3,1 | 0,017 | 0,028 | 60,7 |
| 6,2 | −0,128 | −0,182 | 70,3 | 6,1 | −0,084 | −0,112 | 75,0 | 6,1 | −0,022 | 0,021 | −104,8 | 6,0 | 0,030 | 0,063 | 47,6 |
| 9,1 | −0,113 | −0,161 | 70,2 | 9,0 | −0,068 | −0,056 | 121,4 | 9,0 | 0,000 | 0,105 | 0,0 | 8,9 | 0,048 | 0,126 | 38,1 |
| 12,0 | −0,095 | −0,098 | 96,9 | 12,0 | −0,049 | 0,007 | −700,0 | 11,9 | 0,017 | 0,154 | 11,0 | 11,9 | 0,063 | 0,217 | 29,0 |
| 14,9 | −0,064 | 0,014 | −457,1 | 14,9 | −0,023 | 0,070 | − 32,9 | 14,8 | 0,035 | 0,203 | 17,2 | 14,8 | 0,080 | 0,287 | 27,9 |
| 17,9 | −0,040 | 0,049 | − 81,6 | 17,8 | 0,004 | 0,126 | 3,2 | 17,8 | 0,062 | 0,280 | 22,1 | 17,7 | 0,104 | 0,315 | 33,0 |

$\beta=5^0$

| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,6 | −0,150 | −0,266 | 56,4 | −5,7 | −0,103 | −0,175 | 58,9 | −5,7 | −0,043 | −0,021 | 204,8 | −5,8 | 0,025 | 0,168 | 14,9 |
| −2,7 | −0,134 | −0,168 | 79,8 | −2,7 | −0,087 | −0,112 | 77,7 | −2,8 | −0,032 | 0,021 | −152,4 | −2,8 | 0,038 | 0,203 | 18,7 |
| 0,2 | −0,121 | −0,133 | 91,0 | 0,2 | −0,077 | −0,063 | 122,2 | 0,1 | −0,014 | 0,112 | −125,0 | 0,1 | 0,056 | 0,280 | 20,0 |
| 3,1 | −0,105 | −0,077 | 136,4 | 3,1 | −0,063 | 0,021 | −300,0 | 3,0 | 0,004 | 0,203 | 2,0 | 3,0 | 0,074 | 0,357 | 20,7 |
| 6,1 | −0,083 | −0,077 | 107,8 | 6,0 | −0,042 | 0,098 | − 42,9 | 6,0 | 0,025 | 0,266 | 9,4 | 5,9 | 0,084 | 0,364 | 23,1 |
| 9,0 | −0,056 | −0,007 | 800,0 | 8,9 | −0,023 | 0,154 | − 14,9 | 8,9 | 0,040 | 0,287 | 13,9 | 8,8 | 0,098 | 0,413 | 23,7 |
| 11,9 | −0,023 | 0,056 | − 41,1 | 11,9 | 0,017 | 0,266 | 6,4 | 11,8 | 0,074 | 0,364 | 20,3 | 11,8 | 0,122 | 0,455 | 26,8 |
| 14,8 | −0,010 | 0,126 | − 7,9 | 14,8 | 0,041 | 0,294 | 13,9 | 14,8 | 0,098 | 0,406 | 24,1 | 14,7 | 0,144 | 0,504 | 28,6 |
| 17,8 | 0,004 | 0,217 | 1,8 | 17,8 | 0,060 | 0,315 | 19,0 | 17,7 | 0,113 | 0,461 | 24,5 | 17,7 | 0,166 | 0,574 | 28,9 |

$\beta=10^0$

| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −8,6 | −0,118 | −0,098 | 120,4 | −8,7 | −0,081 | −0,042 | 192,9 | −8,7 | −0,013 | 0,147 | − 8,8 | −8,8 | 0,044 | 0,196 | 22,4 |
| −5,7 | −0,100 | −0,035 | 285,7 | −5,8 | −0,069 | −0,021 | 328,6 | −5,8 | 0,004 | 0,203 | 2,0 | −5,9 | 0,059 | 0,217 | 27,2 |
| −2,8 | −0,081 | 0,007 | −1157,1 | −2,9 | −0,053 | 0,056 | − 94,6 | −2,9 | 0,022 | 0,259 | 8,5 | −3,0 | 0,074 | 0,273 | 27,1 |
| 0,1 | −0,060 | 0,105 | − 57,1 | 0,1 | −0,032 | 0,098 | − 32,7 | 0,0 | 0,040 | 0,301 | 13,3 | −0,1 | 0,097 | 0,350 | 27,7 |
| 3,0 | −0,044 | 0,175 | − 25,1 | 3,0 | −0,006 | 0,182 | − 3,3 | 2,9 | 0,068 | 0,385 | 17,7 | 2,9 | 0,119 | 0,427 | 27,9 |
| 5,9 | −0,031 | 0,210 | − 14,8 | 5,9 | 0,007 | 0,203 | 3,4 | 5,8 | 0,074 | 0,364 | 20,3 | 5,8 | 0,130 | 0,427 | 30,4 |
| 8,9 | 0,002 | 0,245 | 0,8 | 8,8 | 0,042 | 0,266 | 15,8 | 8,8 | 0,106 | 0,490 | 21,6 | 8,7 | 0,145 | 0,427 | 34,0 |
| 11,8 | 0,014 | 0,245 | 5,7 | 11,8 | 0,067 | 0,350 | 19,1 | 11,7 | 0,121 | 0,448 | 27,0 | 11,7 | 0,167 | 0,532 | 31,4 |
| 14,8 | 0,025 | 0,210 | 11,9 | 14,7 | 0,085 | 0,357 | 23,8 | 14,7 | 0,139 | 0,476 | 29,2 | 14,7 | 0,184 | 0,560 | 32,9 |
| 17,8 | 0,039 | 0,266 | 14,7 | 17,8 | 0,099 | 0,399 | 24,8 | 17,7 | 0,159 | 0,525 | 30,3 | 17,7 | 0,209 | 0,616 | 33,9 |

$\beta=15^0$

| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −11,7 | −0,055 | 0,126 | − 43,7 | −11,7 | −0,047 | 0,098 | − 48,0 | −11,8 | 0,013 | 0,315 | 4,1 | −11,8 | 0,070 | 0,357 | 19,6 |
| − 8,7 | −0,039 | 0,182 | − 21,4 | − 8,8 | −0,013 | 0,252 | − 5,2 | − 8,8 | 0,031 | 0,371 | 8,4 | − 8,9 | 0,080 | 0,378 | 21,2 |
| − 5,8 | −0,022 | 0,217 | − 10,1 | − 5,8 | 0,020 | 0,294 | 6,8 | − 5,9 | 0,050 | 0,399 | 12,5 | − 6,0 | 0,102 | 0,434 | 23,5 |
| − 2,8 | 0,002 | 0,301 | 0,7 | − 2,9 | 0,058 | 0,399 | 14,5 | − 3,0 | 0,081 | 0,490 | 16,5 | − 3,1 | 0,127 | 0,434 | 29,3 |
| 0,1 | 0,022 | 0,343 | 6,4 | 0,0 | 0,075 | 0,399 | 18,8 | − 0,1 | 0,110 | 0,518 | 21,2 | − 0,1 | 0,153 | 0,525 | 29,1 |
| 3,0 | 0,036 | 0,406 | 8,9 | 2,9 | 0,098 | 0,518 | 18,9 | 2,8 | 0,138 | 0,574 | 24,0 | 2,8 | 0,188 | 0,665 | 28,3 |
| 5,9 | 0,045 | 0,448 | 10,0 | 5,8 | 0,102 | 0,532 | 19,2 | 5,8 | 0,143 | 0,567 | 25,2 | 5,7 | 0,187 | 0,637 | 29,4 |
| 8,8 | 0,062 | 0,392 | 15,8 | 8,8 | 0,117 | 0,497 | 23,5 | 8,7 | 0,164 | 0,595 | 27,6 | 8,7 | 0,205 | 0,623 | 32,9 |
| 11,8 | 0,076 | 0,462 | 16,5 | 11,8 | 0,127 | 0,504 | 25,2 | 11,7 | 0,167 | 0,560 | 29,8 | 11,7 | 0,216 | 0,658 | 32,8 |
| 14,8 | 0,083 | 0,399 | 20,8 | 14,7 | 0,140 | 0,504 | 27,8 | 14,7 | 0,174 | 0,525 | 33,1 | 14,6 | 0,226 | 0,637 | 35,5 |
| 17,8 | 0,094 | 0,441 | 21,3 | 17,8 | 0,155 | 0,567 | 27,3 | 17,7 | 0,199 | 0,581 | 34,3 | 17,7 | 0,252 | 0,637 | 39,6 |

Rozpiętość $b=0{,}450\ m$, powierzchnia usterzenia $F=0{,}0562\ m^2$, średnia głębokość usterzenia $t_{śr.\,op.}=0{,}125\ m$, powierzchnia steru $f=0{,}0316\ m^2$, stosunek $f/F=0{,}562$, średnia głębokość steru $t_{śr.\,st.}=0{,}070\ m$, powierzchnia lotki kompensacyjnej $f_k=0{,}0106\ m^2$, stosunek $f_k/f=0{,}335$, średnia głębokość lotki kompensacyjnej $t_{śr.\,k}=0{,}0236\ m$, $R=\frac{16{,}5\,.\,3030}{0{,}15}=3{,}3\,.\,10^5$.

Tabela III. Usterzenie poziome N° 3 o profilu $G$ 409 i grubości 12,7%. Stosunek głębokości części ruchomej i całego usterzenia $= \frac{65}{165} = 0{,}394$, stosunek głębokości lotki kompensacyjnej i części ruchomej usterzenia $= \frac{28{,}5}{65} = 0{,}438$.

| $\beta=0^0$ | | | | | | | | $\beta=5^0$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −5,5 | −0,580 | 0,002 | −0,380 | −5,7 | −0,303 | −0,005 | −0,151 | −5,6 | −0,371 | −0,003 | −0,240 | −5,8 | −0,087 | 0,006 | −0,003 |
| −2,6 | −0,391 | 0,021 | −0,298 | −2,7 | −0,138 | 0,009 | −0,073 | −2,7 | −0,214 | 0,012 | −0,165 | −2,8 | 0,073 | 0,018 | 0,076 |
| 0,3 | −0,225 | 0,027 | −0,220 | 0,2 | 0,019 | 0,011 | 0,005 | 0,2 | −0,055 | 0,016 | −0,089 | 0,1 | 0,230 | 0,017 | 0,151 |
| 3,2 | −0,057 | 0,023 | −0,132 | 3,1 | 0,173 | 0,006 | 0,077 | 3,1 | 0,097 | 0,010 | −0,015 | 3,0 | 0,389 | 0,008 | 0,229 |
| 6,1 | 0,118 | 0,004 | −0,042 | 6,0 | 0,329 | −0,013 | 0,157 | 6,1 | 0,256 | −0,006 | 0,064 | 5,9 | 0,541 | −0,012 | 0,305 |
| 9,1 | 0,240 | −0,015 | 0,008 | 8,9 | 0,487 | −0,036 | 0,234 | 9,0 | 0,413 | −0,030 | 0,144 | 8,8 | 0,672 | −0,037 | 0,358 |
| 12,0 | 0,385 | −0,048 | 0,082 | 11,9 | 0,637 | −0,070 | 0,308 | 11,9 | 0,564 | −0,057 | 0,227 | 11,8 | 0,814 | −0,062 | 0,437 |
| 14,9 | 0,541 | −0,082 | 0,174 | 14,8 | 0,762 | −0,098 | 0,375 | 14,8 | 0,693 | −0,079 | 0,300 | 14,7 | 0,908 | −0,085 | 0,487 |
| 16,9 | 0,626 | −0,095 | 0,220 | 16,8 | 0,811 | −0,101 | 0,400 | 15,8 | 0,721 | −0,086 | 0,309 | 15,7 | 0,925 | −0,086 | 0,486 |
| 17,9 | 0,631 | −0,066 | 0,233 | 17,8 | 0,784 | −0,041 | 0,411 | 17,8 | 0,699 | −0,026 | 0,331 | 17,8 | 0,857 | 0,002 | 0,499 |

| $\beta=10^0$ | | | | | | | | $\beta=15^0$ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ | $\alpha^0$ | $c_n$ | $c_t$ | $c_m$ |
| −5,7 | −0,144 | 0,007 | −0,082 | −8,8 | −0,029 | 0,012 | 0,065 | −8,8 | −0,093 | 0,008 | −0,018 | −8,9 | 0,176 | 0,049 | 0,204 |
| −2,8 | 0,012 | 0,018 | −0,012 | −5,9 | 0,128 | 0,029 | 0,144 | −5,8 | 0,059 | 0,028 | 0,062 | −6,0 | 0,329 | 0,064 | 0,270 |
| 0,1 | 0,167 | 0,020 | 0,065 | −3,0 | 0,294 | 0,038 | 0,226 | −2,9 | 0,209 | 0,038 | 0,136 | −3,1 | 0,491 | 0,070 | 0.362 |
| 3,0 | 0,321 | 0,009 | 0,140 | 0,0 | 0,449 | 0,036 | 0,302 | 0,0 | 0,369 | 0,040 | 0,217 | −0,2 | 0,643 | 0,068 | 0,444 |
| 5,9 | 0.483 | −0,009 | 0,226 | 2,9 | 0,609 | 0,024 | 0,383 | 2,9 | 0,543 | 0,032 | 0,304 | 2,8 | 0,819 | 0,057 | 0,529 |
| 8,9 | 0,630 | −0,026 | 0,306 | 5,8 | 0,740 | 0,000 | 0,444 | 5,8 | 0,673 | 0,016 | 0,372 | 5,7 | 0,877 | 0,044 | 0,544 |
| 11,8 | 0,735 | −0,044 | 0,359 | 8,8 | 0,846 | −0,011 | 0,492 | 8,8 | 0,758 | −0,002 | 0,409 | 8,7 | 0,937 | 0,023 | 0,559 |
| 14,8 | 0,815 | −0,064 | 0,401 | 11,7 | 0,924 | −0,028 | 0,520 | 11,8 | 0,829 | −0,016 | 0,436 | 11,7 | 1,005 | 0,011 | 0,582 |
| 15,8 | 0,830 | −0.058 | 0,403 | 14,7 | 1,003 | −0,047 | 0,558 | 14,7 | 0,893 | −0,029 | 0,466 | 14,7 | 1,063 | 0,004 | 0,609 |
| 17,8 | 0,763 | 0,015 | 0,399 | 15,7 | 1,016 | −0,044 | 0,554 | 15,7 | 0,909 | −0,028 | 0,468 | 15,7 | 1,067 | 0,006 | 0,610 |
| | | | | 17,7 | 0,909 | 0,041 | 0,562 | 17,8 | 0,823 | 0,048 | 0,476 | 17,7 | 0,949 | 0,087 | 0,612 |

| $\beta=0^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,4 | −0,210 | −0,447 | 47,0 | −5,5 | −0,171 | −0,363 | 47,1 | −5,6 | −0,121 | −0,315 | 38,4 | −5,7 | −0,043 | −0,140 | 30,7 |
| −2,5 | −0,206 | −0,454 | 45,4 | −2,6 | −0,164 | −0,363 | 45,2 | −2,7 | −0,106 | −0,280 | 37,8 | −2,7 | −0,022 | −0,077 | 28,6 |
| 0,4 | −0,195 | −0,440 | 44,3 | 0,3 | −0,151 | −0,322 | 46,9 | 0,2 | −0,093 | −0,217 | 42,9 | 0,2 | −0,004 | 0,014 | − 28,6 |
| 3,3 | −0,172 | −0,301 | 57,1 | 3,2 | −0,137 | −0,273 | 50,2 | 3,2 | −0,080 | −0,161 | 49,7 | 3,1 | 0,012 | 0,091 | 13,2 |
| 6,2 | −0,145 | −0,196 | 74,0 | 6,1 | −0,113 | −0,140 | 80,7 | 6,1 | −0,064 | −0,084 | 76,2 | 6,0 | 0,028 | 0,133 | 21,1 |
| 9,1 | −0,130 | −0,168 | 77,4 | 9,1 | −0,107 | −0,126 | 84,9 | 9,0 | −0,045 | −0,028 | 160,7 | 8,9 | 0,044 | 0,196 | 22,4 |
| 12,1 | −0,124 | −0,147 | 84,4 | 12,0 | −0,085 | −0,056 | 151,8 | 11,9 | −0,018 | 0,077 | − 23,4 | 11,9 | 0,061 | 0,231 | 26,4 |
| 15,0 | −0,104 | −0,133 | 78,2 | 14,9 | −0,051 | 0,042 | −121,4 | 14,9 | 0,010 | 0,175 | 5,7 | 14,8 | 0,076 | 0,224 | 33,9 |
| 18,0 | −0,073 | −0,105 | 69,5 | 17,9 | −0,018 | 0,105 | − 17,1 | 17,8 | 0,037 | 0,182 | 20,3 | 17,8 | 0,097 | 0,266 | 36,5 |

| $\beta=5^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{m\,z}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\%\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,5 | −0,190 | −0,370 | 51,4 | −5,6 | −0,145 | −0,294 | 49,3 | −5,7 | −0,080 | −0,112 | 71,4 | −5,8 | 0,017 | 0,196 | 8,7 |
| −2,6 | −0,179 | −0,329 | 54,4 | −2,7 | −0,132 | −0,238 | 55,5 | −2,8 | −0,064 | −0,070 | 91,4 | −2,8 | 0,036 | 0,259 | 13,9 |
| 0,3 | −0,168 | −0,308 | 54,5 | 0,2 | −0,119 | −0,168 | 70,8 | 0,1 | −0,048 | 0,063 | − 76,2 | 0,1 | 0,051 | 0,294 | 17,3 |
| 3,2 | −0,152 | −0,370 | 41,1 | 3,1 | −0,102 | −0,105 | 97,1 | 3,1 | −0,037 | 0,049 | − 75,5 | 3,0 | 0,067 | 0,356 | 18,8 |
| 6,1 | −0,135 | −0,287 | 47,0 | 6,1 | −0,086 | −0,042 | 204,8 | 6,0 | −0,019 | 0,077 | − 24,7 | 5,9 | 0,082 | 0,377 | 21,8 |
| 9,0 | −0,120 | −0,245 | 49,0 | 9,0 | −0,064 | −0,035 | 182,9 | 8,9 | 0,005 | 0,140 | 3,6 | 8,8 | 0,094 | 0,412 | 22,8 |
| 12,0 | −0,093 | −0,175 | 53,1 | 11,9 | −0,028 | 0,049 | − 57,1 | 11,8 | 0,035 | 0,168 | 20,8 | 11,8 | 0,118 | 0,454 | 26,0 |
| 14,9 | −0,057 | −0,028 | 203,6 | 14,8 | 0,004 | 0,112 | 3,6 | 14,8 | 0,061 | 0,210 | 29,0 | 14,7 | 0,140 | 0,489 | 28,6 |
| 17,9 | −0,032 | 0,063 | − 50,8 | 17,8 | 0,028 | 0,189 | 14,8 | 17,8 | 0,079 | 0,245 | 32,2 | 17,8 | 0,154 | 0,475 | 32,4 |

| $\beta=10^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ |
| −5,7 | −0,132 | −0,203 | 65,0 | −5,7 | −0.090 | −0,182 | 49,5 | −5,8 | −0,022 | 0,126 | — 17,5 | −8,8 | 0,029 | 0,189 | 15,3 |
| −2,7 | −0,113 | −0,147 | 76,9 | −2,8 | −0,074 | −0,105 | 70,5 | −2,9 | −0,001 | 0,238 | — 0,4 | −5,9 | 0.038 | 0,168 | 22,6 |
| 0,2 | −0,104 | −0,119 | 87,4 | 0,1 | −0,055 | −0,042 | 131,0 | 0,0 | 0,017 | 0,224 | 7,6 | −3,0 | 0,059 | 0,266 | 22,2 |
| 3,1 | −0,096 | −0,070 | 137,1 | 3,0 | −0,034 | 0,049 | — 69,4 | 3,0 | 0,035 | 0,238 | 14,7 | 0,0 | 0,082 | 0,350 | 23,4 |
| 6,0 | −0,081 | −0,021 | 385,7 | 5,9 | −0,009 | 0,154 | — 5,8 | 5,9 | 0,055 | 0,273 | 20,1 | 2,9 | 0,104 | 0,370 | 28,1 |
| 8,9 | −0,043 | 0,042 | −102,4 | 8,9 | 0,024 | 0,203 | 11,8 | 8,8 | 0,086 | 0,363 | 23,7 | 5,8 | 0,121 | 0,391 | 30,9 |
| 11,9 | −0,003 | 0,175 | — 1,7 | 11,8 | 0,051 | 0,266 | 19,2 | 11,8 | 0,104 | 0,370 | 28,1 | 8,8 | 0,130 | 0,433 | 30,0 |
| 14,8 | 0,026 | 0,280 | 9,3 | 14,8 | 0,078 | 0,336 | 23,2 | 14,7 | 0,123 | 0,405 | 30,4 | 11,7 | 0,158 | 0,482 | 32,8 |
| 17,9 | 0,041 | 0,350 | 11,7 | 17.8 | 0,092 | 0,412 | 22,3 | 17,8 | 0,143 | 0,468 | 30,6 | 14,7 | 0,168 | 0,475 | 35,4 |
| | | | | | | | | | | | | 17,7 | 0,187 | 0,489 | 38,2 |

| $\beta=15^0$ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_1=-15^0$ | | | | $\beta_1=-10^0$ | | | | $\beta_1=-5^0$ | | | | $\beta_1=0^0$ | | | |
| $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ | $\alpha^0$ | $c_{mz}$ | $c_{n\,st.}$ | $e\,{}^0\!/_0\,t_{śr.\,st.}$ |
| −8,7 | −0,097 | −0,252 | 38,5 | −8,8 | −0,055 | −0,161 | 34,2 | −8,8 | 0,015 | 0,112 | 13,4 | −8,9 | 0,068 | 0,280 | 24,3 |
| −5,8 | −0,071 | −0,168 | 42,3 | −5,8 | −0,027 | −0,063 | 42,9 | −5,9 | 0,030 | 0,119 | 25,2 | −6,0 | 0,082 | 0,315 | 26,0 |
| −2,8 | −0,052 | −0,056 | 92,9 | −2,9 | 0,002 | 0,035 | 5,7 | −3,0 | 0,061 | 0,238 | 25,6 | −3,1 | 0,112 | 0,426 | 26,3 |
| 0,1 | −0,037 | 0,000 | — $\infty$ | 0,0 | 0,029 | 0,147 | 19,7 | −0,1 | 0,093 | 0,343 | 27,1 | −0,1 | 0,136 | 0,447 | 30,4 |
| 3,0 | −0,021 | 0,056 | — 37,5 | 2,9 | 0,051 | 0,266 | 19,2 | 2,8 | 0,119 | 0,482 | 24,7 | 2,8 | 0,174 | 0,608 | 28,6 |
| 5,9 | −0,001 | 0,035 | — 2,9 | 5,8 | 0,068 | 0,280 | 24,3 | 5,8 | 0,131 | 0,482 | 27,2 | 5,7 | 0,181 | 0,594 | 30,5 |
| 8,8 | 0,035 | 0,175 | 20,0 | 8,8 | 0,095 | 0,343 | 27,7 | 8,8 | 0,151 | 0,489 | 30,9 | 8,7 | 0,194 | 0,587 | 33,0 |
| 11,8 | 0,058 | 0,322 | 18,0 | 11,8 | 0,109 | 0,391 | 27,9 | 11,7 | 0,166 | 0,545 | 30,5 | 11,7 | 0,196 | 0,517 | 37,9 |
| 14,8 | 0,072 | 0,336 | 21,4 | 14,7 | 0,127 | 0,454 | 28,0 | 14,7 | 0,179 | 0,566 | 31,6 | 14,7 | 0,220 | 0,608 | 36,2 |
| 17,8 | 0,085 | 0,370 | 23,0 | 17,8 | 0,142 | 0,461 | 30,8 | 17,8 | 0,202 | 0,580 | 34,8 | 17,7 | 0,235 | 0,608 | 38,7 |

Rozpiętość $b=0{,}450\ m$, powierzchnia usterzenia $F=0{,}0564\ m^2$, średnia głębokość usterzenia $t_{śr.\,op.}=0{,}125\ m$, powierzchnia steru $f=0{,}0315\ m^2$, stosunek $f/F=0{,}558$, średnia głębokość steru $t_{śr.\,st.}=0{,}070\ m$, powierzchnia lotki kompensacyjnej $f_k=0{,}0131\ m^2$, stosunek $f_k/f=0{,}416$ średnia głębokość lotki kompensacyjnej $t_{śr.\,k}=0{,}029\ m$, $R=\frac{16{,}5\,.\,3030}{0{,}15}=3{,}3\,.\,10^5$.

## 3. Pomiary dla wyznaczenia „środka parcia" dla części ruchomej opierzenia.

Celem wyznaczenia „środka parcia" dla składowej normalnej $P_{n\,st}$ siły aerodynamicznej działającej na część ruchomą usterzenia, wykonano pomiary momentów zawiasowych steru dokoła dwu osi przechodzących przez $O_1$ i $O_2$ (ryc. 6), równoległych i przesuniętych względem siebie o odstęp $a$. Oś obrotu przechodzącą przez punkt $O_2$ przemieszczano w czasie pomiaru na wadze w ten sposób, aby punkt $O_1$ nie zmienił swego położenia względem części nieruchomej usterzenia (ryc. 7). Odstęp obu osi przyjęto w danym wypadku $a=1\ cm$.

Kierunek siły mierzonej na wadze $P_m$ założono (ryc. 6) jako normalny do kierunku szybkości $v$ dla przyjętych w czasie pomiarów momentu zawiasowego wartości kąta $\beta$, ponieważ odchyłka kierunku siły $P_m$ od założonego powyżej nie przekraczała 20', wskutek czego błąd, będący następstwem tego założenia, był stale mniejszy od błędu pomiarowego. Wobec tego założywszy oznaczenia, jak na ryc. 6, otrzymujemy:

$$M_{01}=P_{1m}\cdot a_1=P_{1m}\cdot c_1\cos(\alpha+\beta)=$$
$$=P_{n\,st}\cdot x_1=c_{n\,st}f_{st}\,q\,x_1$$
$$M_{02}=P_{2m}\cdot a_2=P_{2m}\cdot c_2\cos(\alpha+\beta)=$$
$$=P_{n\,st}\cdot x_2=c_{n\,st}f_{st}\,q\,x_2,$$

gdzie:

$$q=\frac{\varrho v^2}{2}.$$

Stąd $M_{01}-M_{02}=P_{n\,st}(x_1-x_2)=P_{n\,st}\cdot a$,

a zatem
$$P_{n\,st}=\frac{M_{01}-M_{02}}{a}$$

względnie
$$c_{n\,st}=\frac{t_{śr\,st}}{a}(c_{m\,z_1}-c_{m\,z_2})$$

tudzież odległość $P_{n\,st}$ od osi obrotu $O_1$

$$e=x_1.$$

Na podstawie przedstawionej zasady wyznaczono na ryc. 8, 9, 10 wykresy $c_{n\,st}=f(\alpha)$ przy stałych kątach $\beta$ i $\beta_1$, przy czym przyjęto $\beta=0^0, 5^0, 10^0, 15^0$, zaś $\beta_1=0^0, -5^0, -10^0, -15^0$ (wykresy 1, 2, 3, 4). Poza tym załączono wykresy (5, 6, 7, 8), przedstawiające wędrówkę środka parcia siły $P_{n\,st}: e=f(\alpha)$ dla tych samych wartości kątów $\beta$ i $\beta_1$. Wartości $e$ podano w procentach średniej głębokości części ruchomej steru $t_{śr\,st}$.

Z podanych wykresów wynika, że lotka kompensacyjna zmniejsza wydatnie wartość siły normalnej na część ruchomą usterzenia i powoduje przesunięcie jej ku osi obrotu, zmniejszając tym samym wartość momentu zawiasowego. Poza tym wykresy te mogą oddać pewne usługi przy konstrukcji i obliczaniu sterów.

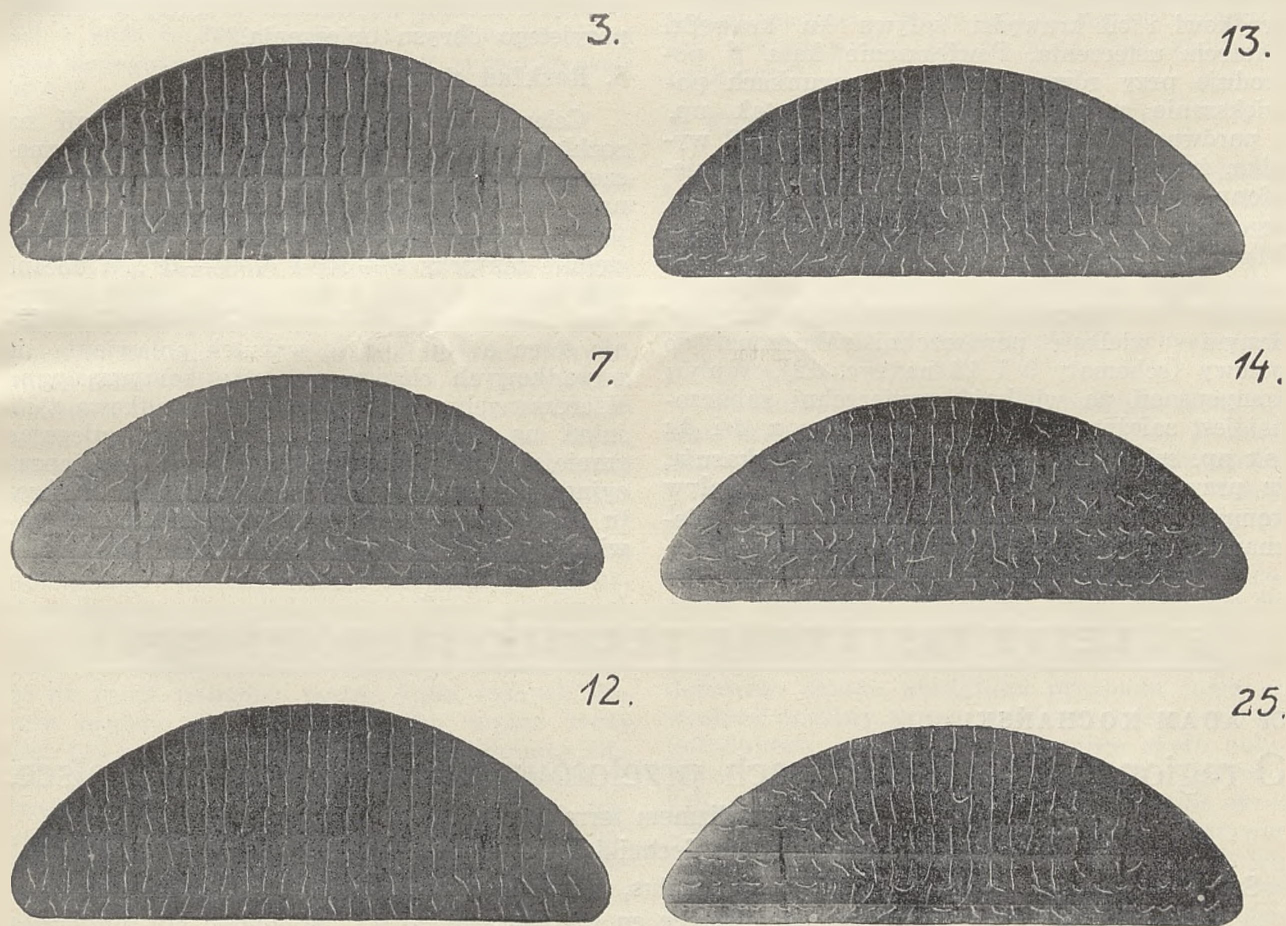
Wartości liczbowe, na podstawie których wyznaczono omawiane dotąd wykresy, zestawiono dla sterów Nr. 1, Nr. 2 i Nr. 3 w tabelach I, II i III.

**4. Uwidocznienie opływu strugi powietrza na górnej powierzchni usterzenia.**

Uwidocznienie opływu strugi powietrza na górnej powierzchni usterzenia dla różnych kątów $\alpha$, $\beta$ i $\beta_1$ przeprowadzono przy pomocy metody nitkowej. Zastosowano do tego celu nitki jedwabne o długości średniej około 25 *mm* rozmieszczone na górnej powierzchni usterzenia w odległości około 15 *mm* w rzędach równoległych do tylnej krawędzi spływu. Nitki umocowano do powierzchni przez wklejenie jednego ich końca do małych otworków nakłutych na powierzchni usterzenia (fot. 1). Zaopatrzony w ten sposób w nitki jedwabne model usterzenia poziomego zawieszano w tunelu aerodynamicznym i badano zachowanie się nitek przy prędkości strugi powietrza $v = 30{,}2$ *m/sek*, odpowiadającej prawie prędkości strugi przy pomiarach wagowych usterzenia. Obserwacje utrwalano na kliszy fotograficznej przy pomocy światła magnezjowego przy czasie ekspozycji $t = \frac{1}{200} \div \frac{1}{150}$ *sek.*

Celem przekonania się, jaki wpływ ma umieszczenie nitek na górnej powierzchni usterzenia na opływ strugi, a zatem i na siły aerodynamiczne, wykonano dodatkowe pomiary wagowe modelu steru Nr. 1, zaopatrzonego w nitki (ryc. 11). Z porównania biegunowych dla usterzenia z nitkami i bez nitek dla $\beta = 0^0$, $\beta_1 = 0^0$, tudzież dla $\beta = 15^0$, $\beta_1 = -15^0$ dochodzimy do wniosku, że wpływ ten jest nieznaczny i w każdym razie dla oceny opływu strugi bez znaczenia. Aby przedstawić oddzielnie wpływ nitek na wartości $c_x$ i $c_y$, podano na ryc. 11 wykresy $c_x = f(\alpha)$ i $c_y = f(\alpha)$ dla wymienionych wyżej położeń steru i lotki kompensacyjnej.

Na ryc. 12 zestawiono schematy dla usterzenia Nr. 1, przedstawiające postępujące naprzód zjawisko zaburzenia względnie oderwania strugi opływającej górną powierzchnię usterzenia przy zmianie kątów $\alpha$, $\beta$ i $\beta_1$. Części zakreskowane powierzchni usterzenia odpowiadają zaburzeniu strugi wzdłuż nich, części podwójnie zakreskowane oderwaniu strugi, zaś części nieza-




*Fot. 1.*

*Niektóre zdjęcia opływu strugi na górnej powierzchni usterzenia № 1, uzyskane przy pomocy nitek jedwabnych przytwierdzonych do powierzchni modelu. Szybkość strugi powietrza $v = 30{,}2$ m/s, czas ekspozycji $t = \frac{1}{200} \div \frac{1}{150}$ sek.*

kreskowane strudze niezaburzonej. Obok każdego schematu zamieszczono krzywą $c_y = f(\alpha)$ dla danego kąta $\beta$ i $\beta_1$ z zaznaczeniem punktu na krzywej odpowiadającego obranemu kątowi natarcia $\alpha$ przy odmuchiwaniu modelu usterzenia. Poza tym podano każdocześnie procentowy stosunek powierzchni „zaburzonej" $F_{zaburz}$ do całkowitej powierzchni opierzenia $F_{opierz}$:

$$S\% = \frac{F_{zaburz}}{F_{opierz}} 100.$$

Na fot. 1 zamieszczono niektóre zdjęcia, na podstawie których wyznaczono schematy podane na ryc. 12. Cyfry zamieszczone przy zdjęciach odpowiadają numeracji schematów na ryc. 12.

Z ryc. 12 można odczytać, że zjawisko zaburzenia strugi wraz z następującym po nim zjawiskiem oderwania strugi przesuwa się wraz ze wzrostem kąta $\alpha$ od końców obrysu ku środkowi i od krawędzi spływu ku krawędzi natarcia usterzenia. Powiększenie kąta $\beta$ powoduje przy równych zresztą warunkach powiększenie powierzchni zaburzonej; tak np. z porównania schematów 2 i 9 na ryc. 12 wynika, że powiększenie kąta $\beta$ o $5^0$ przy niezmienionym prawie $\alpha$ (różnica $\Delta\alpha = 0{,}7^0$) i $\beta_1 = 0^0$ wywołuje przeszło 9-ciokrotne powiększenie powierzchni zaburzonej na górnej powierzchni usterzenia. Natomiast zastosowanie kompensacji $\beta_1 = -10^0$ przy $\beta = 5^0$ zmniejsza przy podanym $\alpha$ wielkość powierzchni zaburzonej do połowy (schematy 9 i 12 na ryc. 12). Wpływ kompensacji na wielkość powierzchni zaburzonej jest zależny od kombinacji kątów $\alpha$, $\beta$ i $\beta_1$; tak np. schematy 15 i 17 na ryc. 12 wykazują, że przy $\alpha = 5{,}4^0$ wzgl. $5{,}7^0$ i $\beta = 10^0$ wpływ kompensacji $\beta_1 = -10^0$ powoduje tylko nieznaczne zmniejszenie powierzchni zaburzonej.

Odnośnie do wartości $S$ podanych przy poszczególnych schematach tudzież porównań uczynionych powyżej należy zaznaczyć, że wartości te oddają tylko chwilowy stan przepływu strugi, gdyż czas zdjęcia fotograficznego wynosił tylko drobny ułamek sekundy. Wobec tego, ściśle biorąc, nie można wobec ruchu nietrwałego strugi przy oderwaniu przypisywać wartościom $S$ znaczenia parametrów oddających wiernie średni przebieg zjawiska. Poza tym, wobec ograniczenia się przy wyznaczaniu powierzchni zaburzonych na schematach do linij prostych, popełniamy pewien trudny do uchwycenia błąd spotęgowany przez względnie duży odstęp pomiędzy poszczególnymi nitkami. Wobec tego należy podane schematy oceniać tylko ze stanowiska jakościowego.

Ogólnie należy podkreślić, że przebieg zjawiska zaburzenia i oderwania strugi zależy przy równych zresztą warunkach w dużej mierze od przyjętego obrysu opierzenia.

### 5. Rozkład ciśnień.

Celem wykazania wpływu kompensacji na rozkład ciśnień na opierzeniu poziomym wyznaczono na ryc. 13 rozkład ciśnienia wypadkowego na opierzeniu Nr. 1 dla kąta natarcia $\alpha = 3^0$ przy $\beta = \beta_1 = 0^0$, przy $\beta = 10^0$ i $\beta_1 = 0^0$, następnie zaś przy $\beta = 10^0$ i $\beta_1 = -10^0$. Widoczne jest, że zastosowana kompensacja obniża w znacznej mierze ciśnienia wywołane przez wychylenie steru o kąt $\beta$, a to wskutek pojawienia się wypadkowych ciśnień na lotkę kompensacyjną skierowanych w dół. Poza tym wypadkowa z ciśnień na część ruchomą opierzenia, ulegając zmniejszeniu wskutek działania lotki kompensacyjnej, przesuwa się zarazem w stronę osi obrotu steru, wobec czego maleje silnie moment zawiasowy.

# BIULETYN INSTYTUTU TECHNIKI SZYBOWNICTWA

Dr ADAM KOCHAŃSKI

## O regionach termiki i trasach przelotów szybowcowych w Polsce.

### Z poszukiwań nad regionalizmem termiki cumulusowej w Polsce, prowadzonych przez Instytut Techniki Szybownictwa we Lwowie[1]).

### Sur la distribution de la thermique des Cumulus, et sur les routes aériennes favorables au vol de distance en Pologne.

L'article présenté ci-dessous, forme le premier essai pour se rendre compte du régionalisme des conditions atmosphériques favorables au vol à voile, sur les territoires étendus de la Pologne.

L'auteur considère seulement la thermique des *Cu* (thermique de convection basse), dans laquelle la nature du sol, l'élévation au dessus du niveau de la mer, l'aridité du terrain, l'exposition au soleil, le démembrement du terrain et surtout, l'eau qui se trouve jusqu' à la profondeur de 1 *m*, semblent jouer un rôle prédominant.

Le manque des données physiographiques, hydrologiques et aèrologiques (les sondages faites à 7 heure du matin, sont inutiles), nous force d'étudier telles facteurs que la nébulosité, les orages, la nidification et les routes volières de la cigogne. Cet oiseau, étant un excellent aviateur du vol à voile, peut nous donner des indications inapréciables.

Sur la fig. 1, nous avons les régions thermiques distinguées d'après les sondages aérologiques de l'auteur, faites en Haute-Silésie. En comparant la fig. 1 et 2, qui représente la distribution des nids et les routes de la cigogne, on voit une coïncidence très nette entre la thermique et la cigogne. La fig. 3 représente la répartition de ces oiseaux au Sud de la Pologne.

---

[1]) Publikowane w Nrze 3 miesięcznika „Skrzydlata Polska" z r. 1937.

La fig. 4 donne la distribution des jours avec la nébulosité des *Cu*, en % de nombre des jours de 6 mois d'été (IV à IX); la fig. 4*b* comporte les jours avec la nébulosité 0, 1, 7 du Code synoptique $C_L$ (*Cu* de beau temps), fig. 4*c* comporte les jours avec la nébulosité 2, 3, 8, 9 (*Cu congestus et Cunb*), et la fig. 4*a* représente la somme de la fig. 4*b* et 4*c*, c. t. d. la somme de la thermique des *Cu*.

La fig. 6 représente l'étude des deux situations instantanées. Sur la fig. 7, nous avons la distribution des jours avec les orages; une coïncidence très nette, avec la fig. 4, est bien marqée. En ce qui concerne les conditions mensuelles, on ne peut pas encore aujourd'hui bien dire, parceque il n'y a pas des matériaux suffisants. L'auteur donne seulement 3 éléments: les mois du commencement de la thermique, mois du maximum, et la durée de la thermique exprimée en mois (fig. 8).

D'après les cartes des fig. 3, 4, 5, 7, 8 et 9, et les autres 13 cartes qui ne sont pas ici publiées, l'auteur trace les routes aériennes probablement favorables au vol à voile de distance (fig. 11). De plus, les routes sont distinguées pour les vents N & S, et pour les vents W & E.

Krajowe Zawody Szybowcowe w Ustjanowej w r. 1936, oraz przeloty ośrodka warszawskiego i Szkoły L. O. P. P. na Sokolej Górze z sezonu letniego 1936, nie tylko oderwały nasze szybownictwo pod względem przelotowym od gór, wznawiając tym tradycję lotów nad terenami płaskimi, ale wykazały też dobitnie, że nad niżem polskim istnieją w warunkach termiki cumulusowej duże możliwości przelotowe. W przyszłych sezonach trzeba się liczyć z poważnym zwiększeniem ilości przelotów nad nizinami, przy czym, jako naturalny, dalszy stopień w rozwoju naszej techniki przelotowej, na pierwszy plan powinny się wysunąć loty docelowe oraz loty okrężne.

Przeloty takie, nawet krótkie, wymagać będą dokładnego przemyślenia i rozważnego zdecydowania się na wybór trasy. Przy przelotach bowiem ponad 150—200 *km* odległości operujemy już synoptycznym rzędem wartości, t. zn. że na trasie napotkać można kilka różnych stanów pogody. W takim wypadku wybór trasy jest już rzeczą zasadniczą. Przed pilotami stanie poważne zadanie dokładnego opracowania tras zamierzanych przelotów. W dobrych warunkach atmosferycznych lot na „los szczęścia" i zdecydowanie się na trasę dopiero na podstawie złudnych nieraz obserwacyj w powietrzu absolutnie nie popłacają. Po przeleceniu kilkudziesięciu *km* można natknąć na kilkunastokilometrowy obszar zaporowy i zmarnować doskonałe warunki, podczas gdy małe nawet zboczenie z kursu przedłużyłoby nieraz lot do kilkuset *km*. W kiepskich warunkach zaś, kiedy możliwości przelotowych naogół niema, obranie pewnej faworyzowanej termicznie trasy pozwoli dokonać nieimponującego może, ale zawsze solidnie wypracowanego przelotu.

Opracowanie trasy wymaga dwu rodzaji wiadomości: 1° Orientacji w *przeciętnych*, regionalnych zróżnicowaniach termiki, t. zn. zdania sobie sprawy, które obszary wytwarzają nad sobą stale mniej więcej dobrą termikę, które mierną, a które wreszcie są obszarami ujemnej termiki, zaporowymi dla przelotów. 2° Informacyj *o aktualnym* stanie pogody na możliwie dużym obszarze; chwilowy stan pogody może bowiem zniszczyć termikę nad najbardziej nawet aktywnym regionem, może też wzmocnić termikę aż do gęsto rozmieszczonych, lokalnych burz termicznych włącznie.

Jeżeli odpowiednio gęstą i sprawną sieć informacyjno-synoptyczną da się jednorazowo zorganizować, to dokładne opracowanie przeciętnych warunków termicznych na większym obszarze wymaga nie tylko wieloletnich obserwacyj meteorologicznych, ale i pomocy innych działów naukowych, takich jak np. hydrologia, fizjografia, ornitologia i t. d. Wstęp do badań nad regionalizmem termiki cumulusowej w Polsce, jaki stanowią niniejsze poszukiwania, może dać tylko ogólną orientację i z powodu braku odpowiednich materiałów nie pretenduje do zupełnej ścisłości. Skąpe jednak nawet wiadomości, w czas podane, mogą mieć duże znaczenie praktyczne.

## 1. Funkcjonowanie motoru termiki.

Puszczenie w ruch maszyny atmosferycznej wymaga dwu procesów: 1° zaistnienia w kierunku pionowym odpowiednich różnic temperatury, tak, by wytworzyła się równowaga chwiejna, 2° zwichnięcia tej równowagi czyli t. zw. wyzwolenia się prądów pionowych. Wtedy dopiero pojawi się w atmosferze wolna cyrkulacja pionowa, t. zn. termika.

Równowaga chwiejna w atmosferze może być zjawiskiem przytransportowanym, t. zn. że dana masa była już pierwotnie w stanie chwiejnym i stan ten zachowuje się z wędrówką masy. Taka permanentna niestałość pojawia się jednak w naszych warunkach klimatycznych bardzo rzadko. O wiele częściej następuje *wypracowanie równowagi chwiejnej przez insolację terenu.* Zależnie od stopnia nagrzania terenu i spadku temperatury z wysokością, początek dobowego okresu niestałości przypada jużto na wczesne godziny ranne, jużto na godziny przedpołudniowe, jużto wreszcie dopiero około południa. Okres ożywionej cyrkulacji pionowej kończy się pod wieczór, a po tym następuje okres ciszy nocnej. Słońce i teren muszą odgrywać tu dominującą rolę, jeżeli 70% naszej pogody letniej ma taki właśnie charakter. Dwuokresowość dobową wykazuje nie tylko bezwietrzna, spokojna, a tak częsta u nas w letniej połowie roku, pogoda typowych *Cu*, ale i pogody wypiętrzonych *Cu* i *Cunb*.

Jeżeli więc tylko w rozkładzie temperatury z wysokością niema specjalnie silnych i częstych inwersyj lub izotermij, temperatura powietrza tuż przy ziemi decyduje o wytworzeniu się i natężeniu równowagi chwiejnej w atmosferze. Wypracowany w ten sposób przez teren stan, wymaga z kolei, celem zamienienia go w prądy pionowe, pewnego rodzaju „zapłonu" t. j. czynników wyzwalających. Za pomocą drobnego nawet, ale nagłego impulsu, czynniki te burzą stan równowagi chwiejnej. Są to: duże różnice temperatury w kierunku poziomym na

małym odcinku, zwiększona w pewnym miejscu turbulencja wiatru, zwiększone tarcie na skutek różnic charakteru podłoża i t. d. Czynniki te są znowu prawie w zupełności zależne od podłoża terenowego.

W ten sposób powstawanie i funkcjonowanie całego aparatu termiki cumulusowej dałoby się sprowadzić do zagadnienia *par excellence* geograficznego. Można zaryzykować nawet twierdzenie, że *termika cumulusowa jest obrazem podłoża nad którym powstaje.*

## 2. Czynniki podłoża terenowego.

W rozważaniach naszych weźmiemy pod uwagę dwie właściwości terenu: urzeźbienie i zdolności chłonięcia oraz wypromieniowywania ciepła.

Do powstawania dobrej termiki urzeźbienie powinno być duże, do pewnego optimum jednak. Jedne płaty terenu powinny być korzystnie eksponowane na kąt padania promieni słonecznych, tak, by się silnie nagrzewały. Inne, leżące zaraz obok, powinny być w cieniu, tak by na małych odcinkach powstawały w kierunku poziomym duże różnice temperatur. Silne nagrzanie przyśpiesza tworzenie się równowagi chwiejnej, a duże różnice w nagrzaniu terenu ułatwiają wyzwalanie.

Przy tworzeniu się termiki olbrzymią rolę odgrywają właściwości cieplne podłoża do głębokości, do której sięga dobowa zmiana temperatury, t. zn. do około 1 *m*. Absolutnie nie docenia się przy tym znaczenia wszelkiej ilości wody znajdującej się w gruncie lub na powierzchni gruntu. 1 $cm^2$ powierzchni wodnej odbiera w ciągu letniego, pogodnego dnia, 40—50 kilogramowych kaloryj ciepła, a oddaje podczas krótkiej letniej nocy tylko 15—30 kaloryj. 1 $cm^2$ piasku chłonie podczas dnia tylko 7,5 kilogramowych kaloryj ciepła, a wypromieniowywuje w nocy 7,7 kaloryj. Za to temperatury obu ciał zachowują się odwrotnie: jeżeli nie uwzględnimy strat ciepła przez przewodnictwo i wypromieniowywanie, to zbiornik wody o powierzchni 1 $m^2$ a głębokości 10 *cm* nagrzeje się w południe letniego dnia, w ciągu 1 godziny, o $6^0$; taki sam zbiornik piasku o $15^0$.

Stopień nawodnienia terenu, rozważany pod kątem widzenia zdolności absorbcyjnych i emisyjnych ciepła, odgrywa więc w termice ogromną rolę. Analizując właściwości terenu pod względem termiki, musimy uwzględnić ilości wód powierzchniowych, gruntowych (zaskórnych), ilości wód w bagnach i moczarzyskach, wreszcie magazynowanie wód przez lasy. Wszędzie tam, gdzie wystąpią duże ilości wód, trzeba się liczyć z niszczeniem termiki za dnia, wskutek magazynowania ciepła i słabego ogrzewania się podłoża. Ale i to nie jest tak proste. W wypadku większych a płytkich zbiorników wodnych, jak jeziora, stawy, obszary bagien i t.d., w grę wchodzi jeszcze duże wyparowywanie, a co za tym idzie zwiększanie wilgotności względnej w powietrzu nad tymi zbiornikami i łatwość zaistnienia wilgotnej równowagi chwiejnej. Takie obszary stwarzałyby nad sobą za dnia dobrą termikę.

Dokładne uchwycenie roli wód terenowych w procesach termiki jest więc ogromnie trudne i wymaga gigantycznych wprost materiałów i pracy. Trzeba sobie jednak zdać sprawę z tych procesów, gdyż dopiero skombinowanie urozmaiconego urzeźbienia terenu z obszarami o dużej i małej zawartości wody daje optymalne warunki do powstawania termiki. Ideałem byłaby oczywiście kombinacja, przy której miejsca silnie nagrzane byłyby jednocześnie suche, a miejsca nieinsolowane, zasobne w wodę. W rzeczywistości dostajemy jednak inne kombinacje, a co za tym idzie, i występowanie warunków jest bardziej skomplikowane, niżby to z mapy można przypuszczać.

## 3. Czynniki terenowe sprzyjające i niesprzyjające powstawaniu termiki.

Zjawiskiem najbardziej rzucającym się w oczy i stosunkowo łatwo wyznaczalnym są linie graniczne między obszarami dodatniej i ujemnej termiki. Łatwo da się zaobserwować, że wszystkie większe, graniczne linie fizjograficzne, a więc orograficzne, hydrograficzne i t. d., są jednocześnie granicami regionów termicznych. Nadto linie fizjograficzne są liniami silniejszego wyzwalania.

Tu należą brzegi mórz, ostre granice gór, doliny większych rzek, wszelkie wybitniejsze jednostki pagórkowate na nizinach i t. d. Np. (z własnych obserwacyj): wybrzeże polskie, wybrzeża Adriatyku, granice Beskidu Śląskiego, Małego i Wyspowego, granice Bieszczadów, Tatry, *N* i *S* granice Alp, Apenin, góry środkowo-niemieckie, doliny Wisły, Dniestru, Padu, Renu, grzbiety Roztocza, Krakowsko - Wieluński, Góry Świętokrzyskie, Szwajcaria Kaszubska, *N* i *S* krawędź Podola i t. d.

Analizując, wyprowadzić można następujące — zapewne niekompletne jeszcze — zestawienie czynników terenowych, kształtujących termikę:

*Czynniki sprzyjające powstawaniu równowagi chwiejnej w atmosferze:*

1. Łatwo nagrzewające się podłoże: skały, piaski, suche żwirowiska, dojrzałe zboża, grupy zabudowań.

2. Wyższe położenie nad poziom morza, dające silniejszą insolację wskutek braku pyłów chłonących ciepło i mniejszej masy atmosfery, przez którą przechodzą promienie słoneczne. Jako przykłady, przytoczyć można znane z gwałtownych burz termicznych Wielkie Wyżyny Ameryki Płn., wyżyny centralne Andów, Tybet.

3. Suchość podłoża sprzyjająca dziennemu nagrzaniu: niski poziom wód zaskórnych, przepuszczalne grunta.

4. Łatwo parujące, niegłębokie zbiorniki wód, zwiększające możliwość rozpoczęcia się adiabaty wilgotnej od niewielkiej już wysokości. Jako przykłady: wilgotne obszary równikowe, z najgwałtowniejszymi na świecie burzami tropikalnymi, wschodnia część naszego Polesia.

5. Urozmaicone urzeźbienie terenu, wyrażające się w dobrej ekspozycji na słońce jednych płatów a złej ekspozycji sąsiednich. Np. północne i południowe stoki stromych wzgórz, gór, jarów i t. d.

*Czynniki niesprzyjające powstawaniu równowagi chwiejnej w atmosferze:*

1. Trudno nagrzewające się podłoże: mokre gliny, moczarzyska, podmokłe pastwiska i łąki, głębokie bagna i wreszcie magazynujące wodę lasy.

2. Większe i jednolite zbiorniki wód powierzchniowych.

3. Nawodnienie podłoża wyrażające się w wysokim i obfitym poziomie wód gruntowych: nieprzepuszczalne grunta, wilgotne żwirowiska, torfy, gliny i t. d.

4. Brak urozmaiconego urzeźbienia i wynikający stąd brak poziomych różnic temperatury (brak silniejszej termiki na Saharze!).

## 4. Materiał.

Jakim materiałem źródłowym można rozporządzać dla obszaru Polski, chcąc uwzględnić wszystkie wyżej wymienione czynniki? Z działu fizjograficznego — mimo starań — nie mogłem niczym rozporządzać. Po prostu albo brak materiałów, albo niedostateczne jeszcze opracowanie danych. Ani dla terytorium całej Polski, ani dla mniejszych jej obszarów, nie ma dotychczas map wód zaskórnych, sieci rzecznej, wód powierzchniowych, jezior, bagien, mapy sieci dolinnej, stopnia urzeźbienia terenu i t. d. Nie mówiąc już o katastrze wodnym, t. j. o dokładnym zestawieniu ilości wód, znajdujących się na danym terenie.

Ze źródeł meteorologicznych najodpowiedniejszym byłby oczywiście materiał wzlotów aerologicznych. Dla Warszawy są one względnie liczne, ale chodziło mi o wzloty w kilku conajmniej punktach kraju. Tu rozporządzałem około 400 wzlotami (od r. 1933) z $7^h$ rano, nieprzedstawiającymi niestety dla naszego celu żadnej wartości. Godzina 7 przypada bowiem jeszcze na porę „snu" termiki; tak np. w uprzywilejowanym pod względem termiki lipcu 1936 r., na 24 wzlotów przeprowadzonych na różnych lotniskach Polski, tylko 3 wykazują bardzo nieznaczną zresztą równowagę chwiejną.

Trzeba się było uciec wobec tego do badania *wtórnego czynnika termiki*, jakim jest *zachmurzenie*. Wydane od r. 1934 nowe mapy synoptyczne P. I. M., podają dla 30 stacyj polskich obserwacje rodzaju chmur niskich, z godziny 7, 13 i 18. Klucz na oznaczanie chmur niskich zawiera 10 pozycyj, w tym 6 na odmiany *Cu* i *Cunb*. Materiał ten, z naszego punktu widzenia zawiera następujące niedogodności i błędy: 1. Daje tylko pośrednie wiadomości o termice cumulusowej. 2. Daje tylko rodzaj zachmurzenia, a nie wielkość pokrycia nieba. 3. Pozwala wnioskować tylko o częstości pojawiania się termiki, a nie o jej nasileniu. 4. Błąd osobowy w tego rodzaju obserwacjach jest zazwyczaj bardzo duży. 5. Dostępny mi był zaledwie 3-letni okres. 6. Sieć stacyj jest bezwzględnie za rzadka; w wypadku *Cu*, latem, obserwator ocenia pole w promieniu 5—10 *km*. Żeby mieć dokładne pojęcie o regionalizmach zachmurzenia, trzebaby więc rozporządzać dziesięciokilometrową siecią stacyj, a nie „siecią", w której odległości między stacjami wynoszą od 100 do 200 *km*.

Ani materiał więc, ani wyniki, nie mogą mieć pretensyj do zupełnej ścisłości. Z zadowoleniem muszę jednak stwierdzić, że mapa średniej 3-letniej, oraz obrazy dla poszczególnych lat, nie różnią się między sobą. Podnosi to wartość materiału, a jednocześnie pozwala przypuszczać, że *przeciętny obraz termiki*, zależnej od terenu, *z roku na rok mało się zmienia*.

Dla wydobycia więcej szczegółów a jednocześnie dla sprawdzenia map zachmurzenia, posłużyłem się nadto ilościami dni z burzą na miejscu obserwacji, względnie burzą odległą notowaną na podstawie grzmotów. Z roczników P. I. M-a dla lat 1929—1931, można było wydobyć dane dla 188 stacyj w Polsce. Jest to już ilość wcale pokaźna. Nie każda z tych stacyj figurowała w czterych rozważanych latach, to też wyrysowałem naprzód mapy dla poszczególnych lat, a następnie dla stacyj, dla których brakło w jakimś roku obserwacyj, wartości interpolowałem. Ogólna mapa z 4 lat, którą mamy na ryc. 7, kreślona jest na podstawie 116 pewnych i 72 częściowo interpolowanych wartości. Z materiału tego, po uwzględnieniu stopnia „pewności" poszczególnych stacyj, można być zupełnie zadowolonym. Ogólna mapa burz termicznych (ryc. 7) zgadza się w zarysie z mapą zachmurzenia *Cu* i *Cunb* (ryc. 4 *b* i *c*), a mapy z poszczególnych lat (ryc. 9) wykazują niewielkie a ciekawe wahania gniazd burzowych i obszarów atermicznych.

## 5. Przeloty i gniazdowiska ptaków żaglowych.

Jest zagadnieniem niezmiernie ciekawym, do jakiego stopnia trasy przelotów oraz gnieżdżenie się naszych wielkich ptaków żaglowych może odzwierciedlać warunki termiki [2]). Dział ornitologii zajmujący się przelotami, oraz szybownictwo, mogą oddać sobie wzajemnie duże usługi. Współpraca jest już nawet zadzierżgnięta. M. i., prof. Thienemann, dyrektor znanej stacji do badania wędrówek ptaków w Rossitten, wspomina kilkakrotnie w jednym ze swych dzieł o zagadnieniach ornitologiczno-szybowcowych (9), ciesząc się, że w Rossitten dwie tak różne dziedziny, jak ornitologia i szybownictwo mogą razem współpracować. Informacje o wysokości i szybkości lotu ptaków, podawane przez pilotów, są liczne i cenne.

Jest rzeczą notorycznie wiadomą i potwierdzoną bardzo licznymi obserwacjami, że z naszych ptaków żaglowych bocian jest pierwszorzędnym, prawdziwym szybownikiem, trenującym, latającym specjalnymi trasami i t. d. Tylko z braku miejsca nie wymieniam licznych konkret-

[2]) Porównaj interesujące studia nad ptakami żaglowymi A. Magnan'a p. t. „Le Vol à Voile", T. I. Paris 1925.

nych wypadków, w których żaglujący bocian naprowadzał naszych pilotów szybowcowych na kominy termiczne [3]). Obserwacyj i materiałów byłoby jeszcze więcej, gdyby bocianem z punktu widzenia jego żaglowania, zajęli się nie tylko szybownicy i meteorolodzy, ale też i ornitolodzy oraz piloci motorowi.

Jeden z pilotów niemieckich podaje wysokość 4 krążących bocianów na 1800 *m* (chyba nie za żerem!), innym razem na 2200 *m* (!). Sam obserwowałem w lipcu 1933 duże stado bocianów żaglujące u czoła burzy termicznej, częściowo w chmurze, na wys. około 1200 *m*; we wrześniu 1934 stado około 40—50 sztuk krążące pod wypiętrzonym *Cu*, na wysokości około 1500 *m*. Czudek (4) podaje obserwacje przelotu grupy nad Baranią Górą (1214 *m*, plus wysokość ptaków nad szczytem).

Odnośnie długości przelotu dziennego bociana, Thienemann podaje konkretne wypadki: 72, 82, 118, 143, 154 *km*; przelot dzienny bociana równa się więc średniemu przelotowi termicznemu na szybowcu; odbywa się zawsze przed południem, w dobrej pogodzie, przy wzrastającym ciśnieniu. Lucanus (10) twierdzi, że bociany lecą szlakiem szerokim na 130—400 *km*, a ich dzienna szybkość przelotowa wynosi na wiosnę 400 *km*, w jesieni zaś 200 *km*. Odnośnie szerokości szlaku przelotowego, jaką podaje Lucanus, to wartość ta zdaje się być jednak przesadzona, a i pierwszą (130 *km*) możnaby zwęzić i dostaniemy wtedy normalną „linię" termiczną. Co zaś do ilości *km* przebytych w jednym dniu, to poza tym, że wartości Lucanus'a tracą wartość w świetle nowszych badań, odległość 400 km wydaje się nieco za duża, biorąc pod uwagę doskonałość aerodynamiczną bociana i warunki aerologiczne panujące na trasach przelotów wiosennych. Natomiast 200 *km* jest już wartością możliwą i całkowicie porównywalną z długością lepszych przelotów termicznych szybowcowych.

To drobne zestawienie niektórych danych, wskazuje już na żaglowną naturę bociana. Studium tej dziedziny może oddać szybownictwu duże usługi.

### 6. Bocian odzwierciedleniem warunków termicznych.

Szlaki przelotowe i rozmieszczenie gniazdowisk tego ptaka, opracowano już dla południowej Polski zupełnie dokładnie, dla Śląska nawet podwójnie.

We wrześniu 1936 r., miałem możność skartowania części Śląska pod względem termicznym. Nadarza się więc sposobność porównania wyróżnionych na podstawie pomiarów aerologicznych obszarów termiki, z zachowaniem się bociana. Z porównania ryc. 1 i 2 wynika, że bocian omija zasiany licznymi stawami i moczarzyskami „żabi kraj" na *S* od Pszczyny, a gnieździ się tam, gdzie ma lepsze warunki lotu, t. j. w wąskim pasie średnio silnej termiki. Z tras przelotowych znowu widać, że bocian ciągnie chętnie nie tylko niską przełęczą jabłonkowską, ale i przez sam Beskid Śląski, Beskid Mały, Beskid Wyspowy, krawędzią północną Beskidu Śląskiego, t. j. obszarami dobrej termiki. Druga oś większych przelotów kieruje się na *W*, granicami równoleżnikowych pasów dobrej termiki. Wielki kompleks lasów na *S* od Katowic, oraz t. zw. „żabi kraj", są wyraźnie omijane.



*Fot. 1.*
*Regionalizm Cu. Zdjęcie z samolotu, Egipt, 29. I. 1924. Wstęga Nilu, daleko na horyzoncie płaszcz Cu kończący się ostrą granicą, z przodu rejon uprzywilejowany termicznie, z grupą pięknych pogodowych Cu. Nad samolotem cienki płaszcz Acu (z Atlas Intern. des Nuages).*

Na ryc. 2, trasy oznaczone przez Czudka jako rzadkie, zaopatrzyłem znakiem zapytania, gdyż zdaje mi się, że jeżeli była np. tylko jedna informacja o grupie przelatującej nad Baranią Górą, to przy rzadko stosunkowo zamieszkałym Beskidzie Śląskim informacyj może braknąć, a bociany mogą często latać. Wszystko zaś przemawia za tym, że bocian leci najchętniej tam, gdzie ma dobrą termikę, t. zn. w naszym wypadku właśnie przez Beskid.

Z podanej wyżej dokładniejszej analizy małego stosunkowo obszaru wynika niedwuznacznie, że *bocian odzwierciedla warunki szybowcowe.*

Interesującym jest, że znany ornitolog K. Wodzicki stawia pośrednio tę samą tezę. Odnośnie krainy cieszyńsko-bielskiej, pisze on (2): „Uderzającym jest dla tej krainy stosunkowo znaczne ubóstwo gniazd bocianich mimo, że istnieją tutaj nierzadko, niemal idealne warunki dla osiedlania się; jest to bowiem dalszy ciąg „żabiego kraju", ciągnącego się od zachodniej części województwa krakowskiego, poprzez Śląsk, ku szerokiej Bramie Morawskiej, kraju, który — *dzięki znacznej ilości wód gruntowych* — stanowi również teren prastarej gospodarki rybnej człowieka".

Liczne bocianiska w krainie pszczyńsko-rybnickiej, przypisuje Wodzicki „uśpionej erozji", t. j. znacznej coprawda ilości wód grunto-

[3]) Porównaj np. opis przelotu B. Baranowskiego 332 *km*, w artykule autora p. t. Regionalizm termiki, „Skrzydlata Polska" 1936, Nr. 10.

wych, ale wgłębnych. O zróżnicowanych stosunkach nad Wisłą, powiada: „Wydaje się, jakby Wisła układem swoich stosunków hydrograficznych w niektórych partiach swojego biegu, specjalnie faworyzowała występowanie bociana“. Jednym z wniosków Wodzickiego jest stwierdzenie, że lasy wcale nie wykluczają bociana; jeżeli zaś faktem jest, że na obszarach leśnych bocianów na ogół niema, to można wnioskować, że bocian omija lasy z powodu złych warunków lotnych. Wskazywałoby to więc na zależność od termiki.




*Ryc. 1.*

*Przykład zróżnicowania się termiki na poszczególne regiony termiczne, w zależności od terenu. Obszar Śląska i zachodnia część wojew. krakowskiego. Dziedziny wyróżniono na podstawie wzlotów aerologicznych przeprowadzanych przez autora. Porównaj ryc. 2 wskazującą, że bocian gnieździ się w wąskim kanale średniej termiki, a unika niekorzystnego do lotu „żabiego kraju“, ciągnącego się u podnóży Beskidu Śląskiego i Małego.*

Odnośnie terenu Śląska, bardzo ciekawą jest informacja udzielona mi przez poważnego hodowcę i badacza gołębi pocztowych. Okazuje się, że ptak ten, którego trudno podejrzewać o żaglowanie, omija starannie przy swoich przelotach śląską krainę stawów. Tak np. trasa lotu gołębia z Białej do Katowic wiedzie na Cieszyn, a po tym dopiero na Katowice: zamiast wprost na *N* i 50 *km*, naprzód na *WSW* do Cieszyna, a po tym dopiero na *NNE* i w sumie 100 *km* trasy. Potwierdza to pośrednio istnienie pasa silnej ujemnej termiki na *N* od Beskidu, a jednocześnie rzuca snop światła na charakter lotu gołębia - pocztowca.

Dla 3 województw południowych, skompilowałem materiał Wodzickiego. Wynik przedstawiony jest na ryc. 3. Ta niezmiernie interesująca mapka nie wymaga dłuższego opisu. Wyłączmy tylko Karpaty i większe obszary lesiste, w których bocian wogóle się nie gnieździ, to będziemy mogli wszelkie skupienia tego ptaka i wszelkie trasy przelotowe, typować jako obszary dobrej termiki. Łuki 1, 2 i 3 to obszary, przez które tak trudno przedrzeć się na przelocie szybowcowym. Niema też obok nich bocianów. Fenomenem przecież jest (zwraca na to uwagę i K. Wodzicki), że za łukiem 2, na wielkich błotach i bagnach samborskich, bociany nie

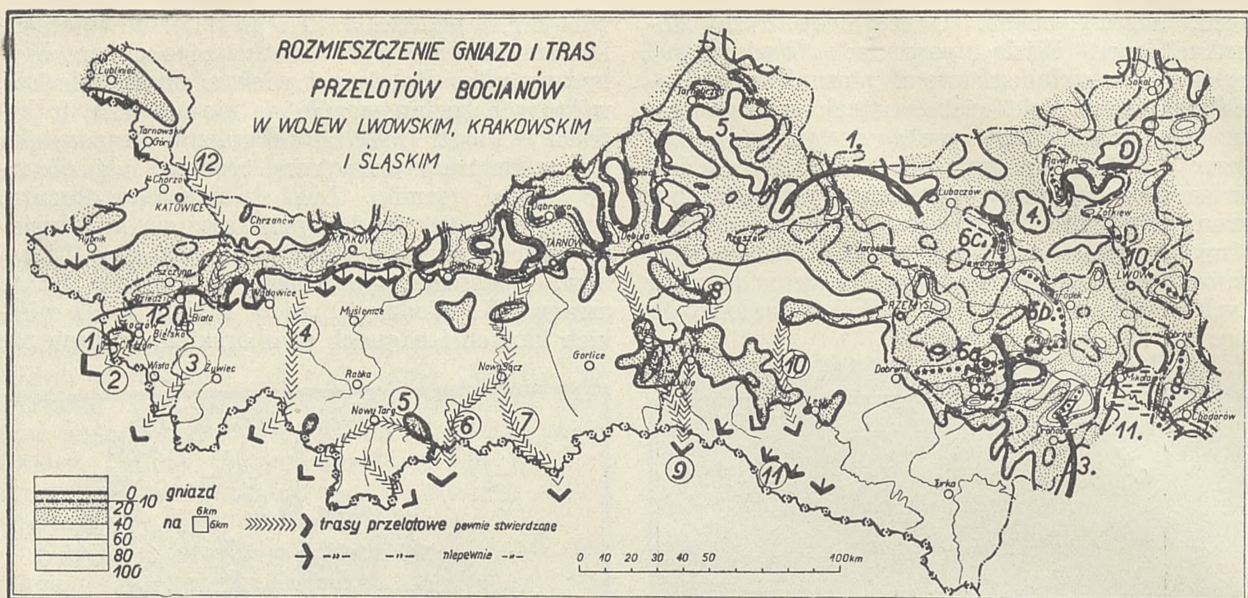



*Ryc. 2.*

*Rozsiedlenie bociana na Śląsku na podstawie materiałów K. Wodzickiego, oraz szlaki przelotów na podstawie K. Wodzickiego i A. Czudka. Porównaj ryc. 1 i zauważ, że główne szlaki przelotów wiodą krawędzią Beskidów oraz przez wysoki Beskid Śląski, t. zn. przez obszary silnej termiki, omijając systematycznie atermiczne obszary.*

gnieżdżą się zupełnie. Z tych samych powodów nie ma ich w płaskiej i podmokłej dolinie sandomierskiej, t. j. w widłach Wisły i Sanu, nad Dniestrem koło Mikołajowa, w krainie stawów na Śląsku. Natomiast każda najmniejsza suchsza wysepka, jest już licznie obsadzona. Skupienia te zaznaczone na ryc. 3 liniami kropkowanymi i cyframi 6 *a*, 6 *b*, 6 *c*, 7. Podobnie krawędź Opola (8), granica Roztocza (9), północna krawędź Podola (10), zaznaczają się licznymi skupieniami.

Trzeba się zgodzić z Wodzickim, że „rozmieszczenie bociana znajduje pełne wytłumaczenie w różnorodnej fizjografii“, a co za tym idzie, odzwierciedla trudne nieraz do wyprowadzenia z samej fizjografii, stosunki termiki.




*Ryc. 3.*

*Wyrysowano na podstawie materiałów podanych przez K. Wodzickiego. Mapa odzwierciedla warunki pożywienia i możności gnieżdżenia się, a jednocześnie warunki lotne. Południowa granica zasięgu bociana biegnie dokładnie granicą pogórza karpackiego. Łukami 1, 2 i 3 zaznaczono wyróżnione na podstawie przelotów szybowcowych, zaporowe obszary ujemnej termiki; niema też na tych obszarach bociana. Oczywiście, że w Karpatach, na podgórzu, na lesistym wale Roztocza (4), w puszczy sandomierskiej (5), bociany nie występują. Niema ich jednak też w podmokłym trójkącie rzek (Wisła i San), na bagnach Dniestru k. Mikołajowa (11), na bagnach samborskich (2), na moczarzyskach k. Drohobycza (3), w śląskiej krainie stawów (12); są to bowiem obszary ujemnej termiki. Natomiast najmniejsze suche „wyspy", oraz krawędzie terenowe, obsadzone są bardzo licznie bocianami (linie kropkowane 6a, 6b, 6c, 7, 8, 9, 10); są to bowiem obszary dobrej termiki. Trasy przelotów ciągną zdecydowanie w góry, częściowo dolinami rzek (cyfry w kółkach 5, 6, 9, 10, 12), częściowo przez same góry (3, 4, 7). Okolice głównych szybowisk karpackich zdają się być dobrym obszarem termicznym (liczne trasy nr. 11).*

## 7. Stosunki zachmurzenia cumulusowego w Polsce.

Stosunki te są naocznym świadkiem termiki. Na podstawie ich można zdać sobie sprawę z ilościowego, a częściowo i jakościowego charakteru termiki zależnej od regionu.

Klucz do oznaczania rodzaju chmur niskich (Code synoptyczny $C_L$) różniczkuje obłoki kłębiaste na: 1. *Cu* pięknej pogody, 2. *Cu* wypiętrzone lub burzliwe ale bez kowadła, 3. *Cunb*, 7. *Cu* pięknej pogody ze *Stcu*, 8. *Cu* wyp. lub burzliwe, lub *Cunb* — obie formy łącznie ze *Stcu*, 8. *Cu* wyp. lub burzliwe, lub *Cunb* — obie formy łącznie z niskim, porwanym *Nb*. Nadto pozycja zero oznacza brak chmur niskich, co przy braku chmur średnich oraz braku woala *Ci* lub *Cist*, daje piękną słoneczną pogodę, charakteryzującą latem bezchmurną termikę.

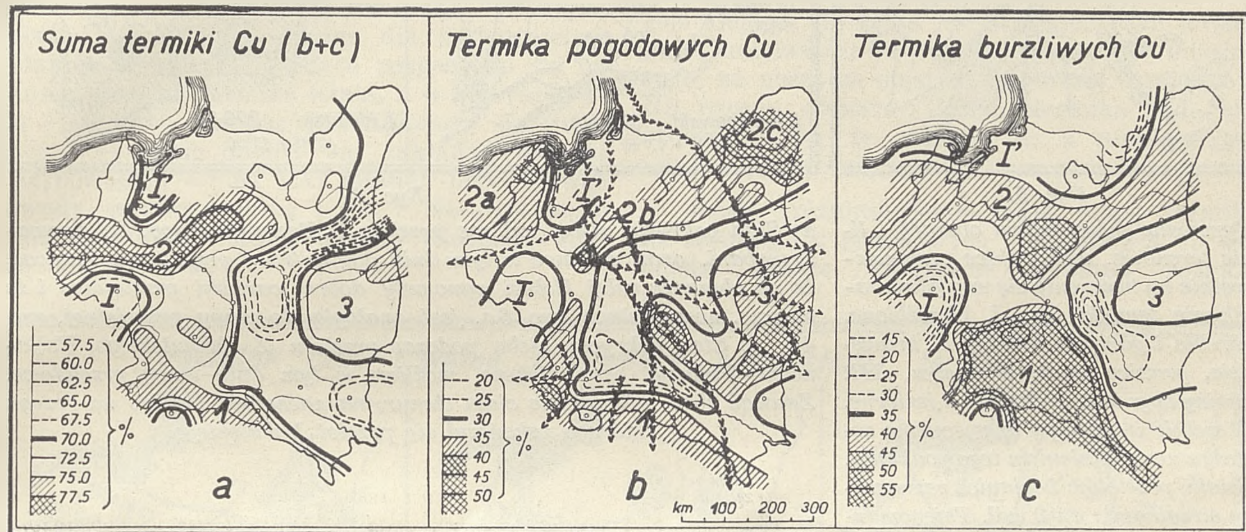
Zliczając dla $13^h$, t. zn. dla godziny maksymalnego natężenia termiki, wszystkie notowane na danej stacji rodzaje zachmurzenia *Cu*, dostaniemy ilość dni, w których napewno panowała termika. Otrzymaną ilość dni nazywam *sumą termiki*, gdyż wchodzą w nią wypadki spokojnej termiki pogodowej, jak również termiki burzliwej, a nawet same burze. Ażeby dojść, jak często występuje w danej stacji spokojna, typowa termika *Cu*, sumuję ilość dni z zachmurzeniem 0, 1, 7, i nazywam to *termiką Cu pogodowych*. Sumując zaś dnie o zachmurzeniu 2, 3, 8, 9, otrzymuję częstość występowania *termiki burzliwej*. Biorę przy tym sumę z 6 miesięcy letnich od kwietnia do września, dla lat 1934, 35 i 36, analizując łącznie 549 dni. Ilości dni z termiką nie podaję wprost, ale w %-cie od owych 549 dni. Mapy ryc. 4 wskazują więc, jaki procent dni przypada latem na danym obszarze na sumę termiki, termikę pogodową i termikę burzliwą.

Z powodów wyłuszczonych w rozdz. 4, izarytmy interpolowałem nie geometrycznie, lecz na podstawie przypuszczalnego zróżnicowania termicznego terenu. Podkład taki mamy na ryc. 5, gdzie opierając się na doświadczeniach z południowej Polski, typuję i odgraniczam pewne obszary i linie fizjograficzne, które zdają się wpływać na termikę.

Mapy ryc. 4 wskazują, że na tak na pozór jednostajnym obszarze niżu polskiego istnieje ogromne zróżnicowanie w ilości dni z termiką. W rozważanym okresie letnim (183 dni), zależnie od obszaru, na sumę termiki przypada od 57% do 79% dni. Potwierdza to zupełnie wypowiadaną już przeze mnie kilkakrotnie tezę, zupełnie naoczną zresztą, ale wymagającą ciągłego uświadamiania sobie: *Termika Cumulusów jest u nas w lecie dominującym stanem pogody.* Jeżeli wyróżnimy osobno obszary termiki pogodowej (ryc. 4 *b*) i burzliwej (ryc. 4 *c*), to w termice pogodowej znajdujemy na terenie Polski wartości od 17% do 53%, a w termice

burzliwej od 10% do 56%. Ciekawe jest przy tym, że jednak bardziej urozmaicony obraz przedstawia termika pogodowych *Cu*. Znaczy to, że jest ona wypracowana terenem, podczas gdy termika burzliwa (silna), zależy już w większej mierze od stanu samej atmosfery.

Na ryc. 4 wyróżniają się: 1° Trzy obszary stałe, gdzie występuje często zarówno termika pogodowa, jak i burzliwa. 2° Obszary mające częstą termikę pogodową a rzadką burzliwą, lub odwrotnie. 3° Obszary zdecydowanie atermiczne.




Ryc. 4.

*Ilość dni z termiką, w % od ilości wszystkich dni 6 miesięcy lata (IV—IX). Średnie 3-letnie dla okresu 1934—1936. Obserwacje z 13h. Przejście od jednej izolinii do drugiej, na ryc. 4a oznacza, że w okresie letnim t. j. 183 dni, jest o 4,5 dnia mniej, względnie 4,5 dnia więcej termiki. Na ryc. 4b i 4c przejście od linii do linii oznacza różnicę 9 dni. Maksymalne różnice w ilości dni z termiką dochodzą na ryc. 4a do 40 dni, na ryc. 4b do 82 dni (3 miesiące), na ryc. 4c do 65 dni (2 miesiące). Na odległości 100 km różnice te mogą wynosić 52 dni. Zauważ stałe obszary częstej termiki, zarówno silnej jak i normalnej: 1. południowy pas karpacki, 2. pas północny, 3. serce Polesia. I— I' = stały przesmyk ujemnej termiki. Na ryc. 4b wyrysowano szlaki przelotowe bociana.*

W obszarach stałej termiki zaznacza się wydłużony pas południowy (1), wydłużony pas północny (2), oraz najogólniej biorąc, Polesie (3). Obszarami o częstej termice pogodowej a rzadkiej burzliwej są: Wileńszczyzna (2 *c*), Polesie i Wołyń (3), Roztocze, północna krawędź Podola. Odwrotny stosunek mają: Góry Świętokrzyskie, dolina Wisły od Krakowa po Warszawę, oraz dolina Sanu od Przemyśla. Zdecydowanie atermiczną jest oś I—I', oraz obręcz, która obejmuje od *N* i *W* Polesie a następnie przechodzi na t. zw. zimne Podole (Tarnopol).

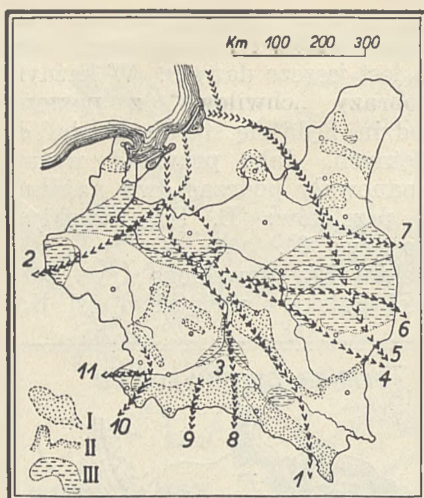
Na ryc. 4 *b* widać uprzywilejowanie Karpat, Beskidu Śląskiego, Jury Krakowsko - Wieluńskiej, Roztocza, północnej krawędzi Podola, Szwajcarii Kaszubskiej, urozmaiconej Wileńszczyzny. Doliny podkarpackie to obszar zdecydowanie atermiczny, wysuwający się daleko wzdłuż Wisły na kieleckie i warszawskie.

Przy burzliwej termice *Cu* wypiętrzonych (ryc. 4 *c*), widać faworyzowane stanowisko Polski południowej, oraz zanik termiki na Polesiu.

Omawialiśmy tu obrazy ogólne, które oczywiście zależnie od miesiąca i każdorazowego stanu pogody, będą ogromnie zmodyfikowane. Na opracowanie stosunków w poszczególnych miesiącach za mało jest jeszcze danych. W każdym jednak razie obrazy „chwilowe“ z poszczególnych dni i godzin, będą się starały zbliżać do obrazów przeciętnych. Jako przykład weźmy stosunki, jakie panowały podczas dwu najdłuższych naszych przelotów: B. Baranowskiego i Z. Mikulskiego (ryc. 6).

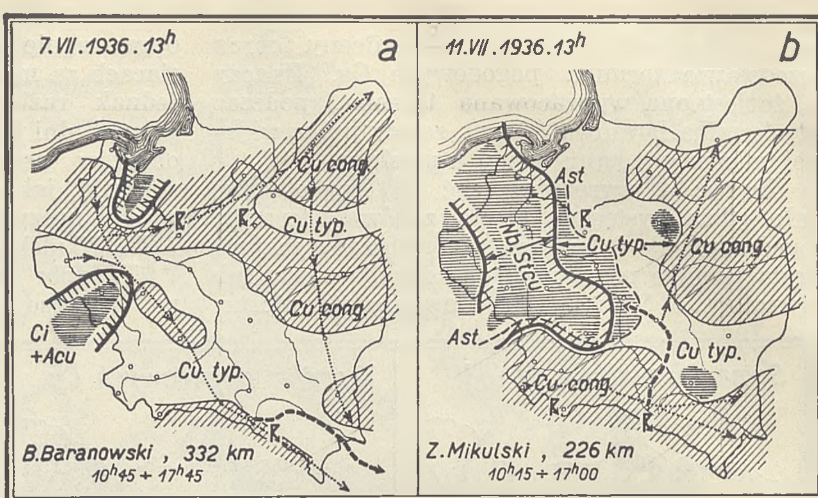
W dniu przelotu Baranowskiego (ryc. 6 *a*), na obszarze całej Polski z wyjątkiem osi Kalisz — Grudziądz, panowała pogoda cumulusowa. Silna termika odzwierciedlająca się w występowaniu wypiętrzonych *Cu*, zaznaczała się wzdłuż znanej nam już osi Pomorze — Wileńszczyzna, na Polesiu, w G. Świętokrzyskich i w okolicach Łodzi, na Podolu i wreszcie wzdłuż południowego pasa silnej termiki, t. j. w Karpatach. W dniu tym panowały więc niemal w całej Polsce duże możliwości przelotowe, z tym, że dosyć silne wiatry *NW* pozwoliłyby na dokonanie przelotów na *S*, *SE* i *E*. A więc np.: 1. Z Pomorza lub Poznańskiego na Łódź, G. Świętokrzyskie i dalej wzdłuż Karpat. 2. Z Wilna przez Grodzieńszczyznę i Polesie na Podole. 3. Z Pomorza lub Poznania, łukiem na Wilno i t. d.

W dniu przelotu Mikulskiego (ryc. 6 *b*), stosunki normalne zostały zatarte pojawieniem się na zachodzie kraju, zwartego, atermicznego ciała chmur. Ciało to składało się z *Ast*, pod którym występował *Nb* lub *Stcu*. Na brzegach, *Ast* przechodził w *Acu*, nakrywający typowe, pogodowe *Cu*. Z północnego pasa silnej termiki została tylko Suwalszczyzna i Wileńszczyzna, łączące się z dobrym termicznie Polesiem. Południowy pas silnej termiki nie tylko ostał się, ale




Ryc. 5.

*Typowane przez autora obszary i linie terenowe, wpływające przypuszczalnie na tworzenie się względnie zanikanie termiki Cu. I. Urzeźbione, górskie i górzyste krainy; II. krawędzie, granice suchych wyżyn, III. krainy bagniste, podmokłe i jezierne. Wszelkie inne mapy wyrysowane zostały z uwzględnieniem tego podkładu. Szlaki przelotów bocianich zaznaczono strzałkami: 1 i 2 wdł. Thienemann'a (9), 3—7 wdł. Chołodkowskiego i Sylańciewa (13), 8—11 wdł. Wodzickiego (1, 2, 3) i Czudka (4).*




Ryc. 6.

*a) Stan pokrycia nieba podczas przelotu B. Baranowskiego, Ustjanowa-Darabani, oraz możliwe w tym dniu długie trasy przelotowe. Zauważ, że na obszarze całej Polski panowały dobre warunki przelotowe i że mapa „momentalna“ ryc. 6a, jest analogią do mapy przeciętnej, ryc. 4b. b) Stan pokrycia nieba podczas przelotu Z. Mikulskiego, Ustjanowa-Puławy, oraz większe, możliwe w tym dniu trasy przelotowe. Zauważ obce, atermiczne ciała chmur na zachodzie Polski, na brzegu którego zakończył się przelot Mikulskiego.*

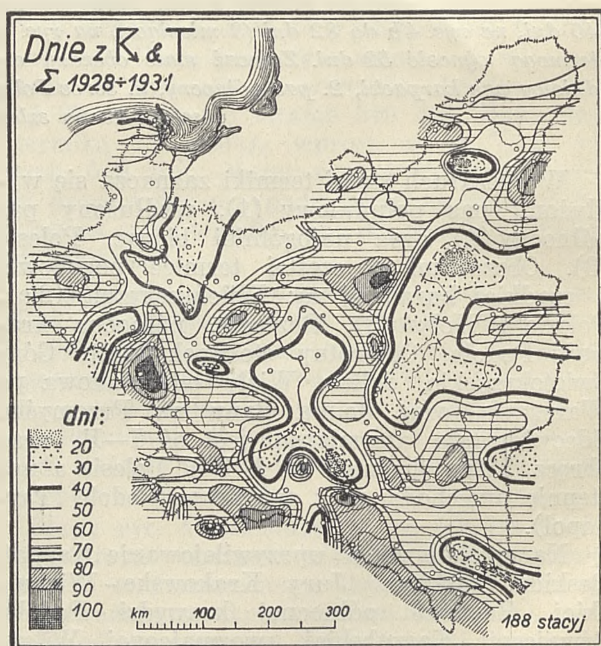
nawet przesunął daleko na *N*. Na Wołyniu Roztoczu, Podlasiu i Mazowszu panowała normalna termika pogodowych *Cu*. Możliwości przelotowe były więc znowu duże, z tym, że południowy wiatr wyznaczał kierunki przelotów na *E*, *N* lub *NE*. Np.: 1. Ze Śląska wzdłuż całych Karpat. 2. Z Ustjanowej wzdłuż Roztocza na Brześć, Grodno, Wilno. 3. Z Ustjanowej na Tarnopol i t. d.

## 8. Rozmieszczenie burz termicznych.

Weźmy teraz pod uwagę czynnik burz termicznych. W grę wchodzi tu niewątpliwie ogromny błąd osobisty przy ocenianiu burz odległych (grzmoty, błyskawice?), błąd łącznego zaliczania burz termicznych i frontowych, i t. d. Jednakże przy tym wszystkim, zgodność mapy ryc. 7, z mapami ryc. 4, jest zadziwiająca. Na podstawie 188 stacyj, mamy tylko na ryc. 7 bardziej szczegółowy obraz.

Mapa wykazuje przede wszystkim ogromne zróżnicowanie burz na niżu. W okolicach Kalisza, Przemyśla i Białowieży, mamy przeciętnie po 26 dni z burzami w ciągu roku (raz na tydzień latem burza), podczas gdy w widłach Wisły & Sanu, w podolskiej dolinie Dniestru, na północnym Podolu, na *NW* od Pińska, na *S* od Wilna, w Kaliskim, występuje w roku średnio tylko po 5 dni z burzami (burza latem nawet nie raz na miesiąc).

Z obszarów atermicznych, które mieliśmy na ryc. 4, pojawiają się znowu: oś I—I', widły Wisły i Sanu, dolina Wisły powyżej Dęblina, charakterystyczna „obręcz“ Polesia, zimne Podole. Nie mieliśmy natomiast na mapach ryc. 4, z powodu braku stacyj, atermicznej doliny podolskiej Dniestru.




Ryc. 7.

*Ilość dni z burzą na miejscu obserwacji, oraz burzami odległymi, w 4-letnim okresie 1928—1931. Grubą linią odgraniczono obszary, gdzie występuje mniej aniżeli 40 burz w okresie 4-letnim, t. j. mniej niż 10 dni średnio w ciągu jednego roku. Zauważ zgodność z mapami ryc. 4, pod względem obszarów ujemnej termiki, oraz obszarów uprzywilejowanych termicznie.*

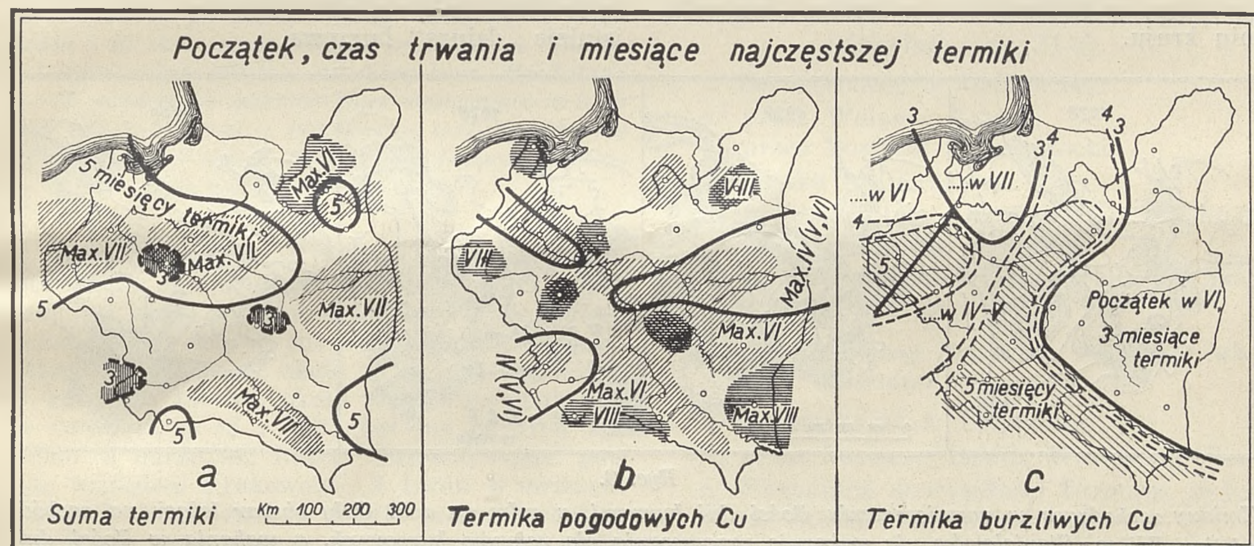
Z obszarów częstej termiki zaznacza się na ryc. 7 Szwajcaria Kaszubska, Wisła koło Grudziądza i Bydgoszczy, Poznańskie, grzbiet Krakowsko - Wieluński, G. Świętokrzyskie, Beskid Śląski, Karpaty, Roztocze, Wołyń, „serce" Polesia, Warszawskie i okolice Białowieży, Suwalszczyzna, wzgórza Wileńsko - Mińskie.

## 9. Charakterystyka letniego okresu termiki

Za mało jest niestety danych, by zdać sobie dokładnie sprawę z nasilenia i rozkładu termiki cumulusowej z miesiąca na miesiąc. Praktyka stawia jednak ciągle ważne dla szybownictwa pytania: w którym miesiącu rozpoczyna się na danym obszarze termika letnia, a w którym kończy? — który miesiąc jest najlepszy do przelotów? — gdzie opłaca się zakładać ośrodki i szybowiska? — na jaki miesiąc przewidywać zawody, wyższy trening i t. d.? Na pytania te należy już dziś w najogólniejszy chociażby sposób odpowiedzieć.

nej termiki, oraz Polesie, mają wybitne maksimum częstości termiki w lipcu względnie już w czerwcu. Na reszcie obszaru Polski (niezakreskowane pola na ryc. 8 *a)* brak wyraźnie maksymalnego miesiąca. Czas trwania termiki wynosi w *NW* połaci kraju i na Podolu 5 miesięcy, w reszcie kraju 4 miesiące. Istnieją nadto izolowane wyspy, gdzie termika trwa tylko 3 miesiące: ujemny termicznie obszar śląski, przejście z Roztocza w Polesie, jądro ujemnej osi Kalisz — Pojezierze Mazurskie. Wyspy te pokrywają się z obszarami, gdzie termika jest wogóle ujemna. Termika jest skupiona czyli występuje mniejwięcej równo we wszystkich miesiącach, na obszarze objętym izochroną 5 miesięcy. Na reszcie obszaru Polski, termika jest rozrzucona, t. zn. że częstość jej z miesiąca na miesiąc bardzo się waha.

Jeżeli zróżniczkujemy teraz sumę termiki na termikę *Cu* pogodowych i burzliwych, to zachodzi przede wszystkim ogromna różnica




*Ryc. 8.*

*Charakterystyka termiki dla okresu letniego. Na ryc. podano tylko najbardziej zmienne elementy. W sumie termiki (ryc. 8 a) początek termiki przypada na V, a wyjątkowo w IV. Termika skupiona występuje na obszarze objętym izochroną 5 miesięcy. W termice pogodowej (ryc. 8 b) lipiec nie jest nigdzie miesiącem dominującym. Występują natomiast pasy wczesnej termiki w IV (obok V i VI), oraz wyspy późnej termiki w VIII. Poza tym, maksimum tej termiki pojawia się na reszcie obszaru Polski w V (białe pola) lub w VI (zakreskowane pola). W termice burzliwej (ryc. 8 c) uwidacznia się bardzo różny czas pojawiania się i trwania tej termiki. Maksimum jej przypada na całym obszarze Polski na VII lub VIII.*

Weźmy w tym celu 4 elementy: miesiąc początku termiki letniej, miesiąc najsilniejszej termiki, czas trwania termiki, oraz skupienie się termiki na większość miesięcy letnich względnie występowanie jej tylko w niektórych uprzywilejowanych miesiącach. Część tych stosunków przedstawiona jest na ryc. 8. Wyróżniam przy tym stosunki dla sumy termiki, termiki pogodowej i termiki burzliwej.

Wyniki są następujące:

1° (ryc. 8 *a*). Maj jest początkiem termiki na całym obszarze Polski, z wyjątkiem Poznańskiego, Białostockiego i Nowogrodzkiego, gdzie termika rozpoczyna się już w kwietniu. Północno - polski i południowy (karpacki) pas sil-

w skupianiu się tych termik. Warunki dobrej pogody są rozsiane równomiernie na wszystkie miesiące lata, t.zn. że termika *Cu* pogodowych jest bardzo skupiona. Jej maksymalny współczynnik zmienności dla obszaru całej Polski wynosi 14,6% t. zn., że jeżeli najlepszy np. miesiąc miał 14,5 dnia z termiką, to najgorszy będzie miał 10 dni. Termika burzliwa zaś, zależna od niejednostajnych napływów mas atmosferycznych, jest bardzo rozrzucona na poszczególne miesiące. Jej maksymalny współczynnik zmienności dla obszaru Polski wynosi aż 24,5% t. zn., że jeżeli najgorszy miesiąc miał 10 dni z tą termiką, to najlepszy będzie miał 17,5 dnia.

2° (ryc. 8 *b*). Początek termiki pogodowej

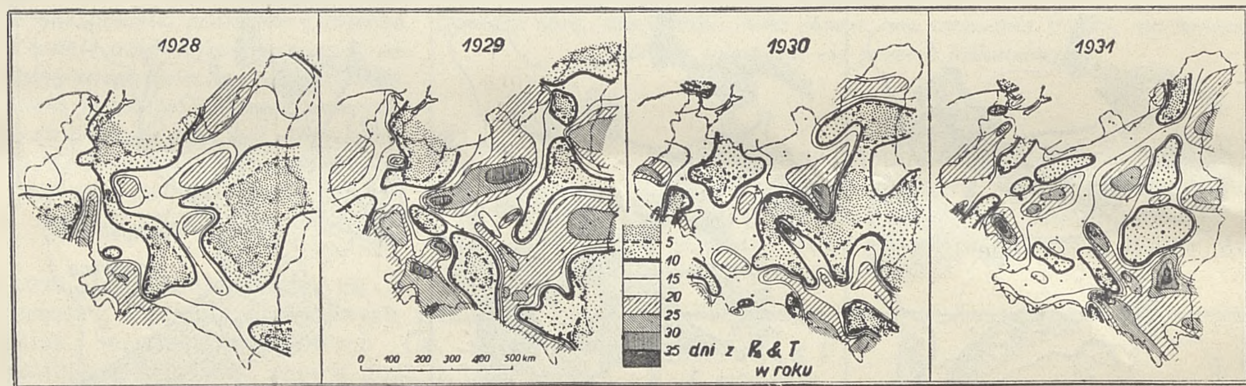
wypada na ogół na kwiecień, koniec na wrzesień; w sumie więc 6 miesięcy trwania. Lipiec nie jest nigdzie uprzywilejowanym miesiącem tej termiki. Nieznaczne maksima rozsiewają się na rozmaite miesiące. Istnieją więc pasy, w których obok maja i czerwca, termika pogodowa występuje równie często już w kwietniu. Istnieją też liczne wyspy *późnej termiki pogodowej*, gdzie nieznaczne maksimum pojawia się dopiero w sierpniu. Na przeważającej jednak części obszaru Polski, maksimum tej termiki przypada na maj (pola niezakreskowane na ryc. 8 *b*).

3° (ryc. 8 *c*). Początek termiki burzliwej przypada w różnych częściach Polski na bardzo różne miesiące. Na południu i w środku kraju już wczesną wiosną, w Poznańskim i na wschodzie kraju w czerwcu, a na Pomorzu i na wybrzeżu dopiero w lipcu. Termika ta ma wyraźne maksimum częstości, które w całej niemal Polsce przypada na lipiec lub sierpień. Czas trwania jej jest również bardzo różny i waha się od 3 miesięcy na północy i na wschodzie kraju, do 5 miesięcy w Poznańskim, w środku i na południu kraju.

gularną, termika burzliwa i samych burz, jako zależna już od importowanego stanu atmosfery, byłaby mniej regularną.

Porównując między sobą stosunki zachmurzenia cumulusowego, analogiczne jak na ryc. 4, ale dla każdego z 3 lat z osobna, stwierdzić trzeba, że zmian w przesuwaniu się obszarów prawie niema, a istnieją tylko zmiany w natężeniu termiki. Są to jak gdyby fale stojące. Natomiast w ilości dni z burzami zachodzą ciekawe wędrówki obszarów, przesuwania się pewnych osi i wreszcie wahania na miejscu.

Rozpatrzmy ryc. 9, przedstawiającą rozkład burz termicznych w poszczególnych latach. Północno-polski pas częstych burz zachowuje się w każdym roku. Oś tego pasa biegnie przez Poznań, Warszawę, Białystok, Wilno. Stale występują częste burze wzdłuż Roztocza i wzgórz krakowsko-wieluńskich, aż po Kalisz; są to opisane już wyżej *pomosty*, łączące północ Polski z południem. Uprzywilejowane są: wschodnia i zachodnia część Karpat i ich podgórza; w środku gór, pomiędzy Sanokiem a Krosnem, istnieje „dziura“ burzowa.




*Ryc. 9.*

*Zmiany zachodzące w rozmieszczeniu ilości dni burzami, z roku na rok. Cały obszar leżący na zachód od linii Wilno - Stanisławów nie wykazuje przesuwania się rejonów burzowych, a wahania w ilości dni z burzą zachodzą na miejscu (lokalnie). Wileńszczyzna, środkowe i południowe Polesie, Wołyń oraz Podole, mają natomiast nieoczekiwane wahania z roku na rok. Tak np. w r. 1929 pojawiło się nieoczekiwane maksimum burz na Polesiu, a w r. 1931 na Wołyniu. Stałymi, zawsze silnie nawiedzanymi przez burze obszarami są: 1. pas północny na linii Poznań, Warszawa, Białystok, Wilno; 2. pas karpacki i podkarpacki z przerwą około Sanoka & Krosna; 3. Roztocze; 4. grzbiet krakowsko-wieluński po Kalisz. Stałymi obszarami atermicznymi są: I. oś Kalisz - Pojezierze mazurskie; II. okolice wideł Sanu i Wisły; III. N i W Polesie; IV. podolska dolina Dniestru.*

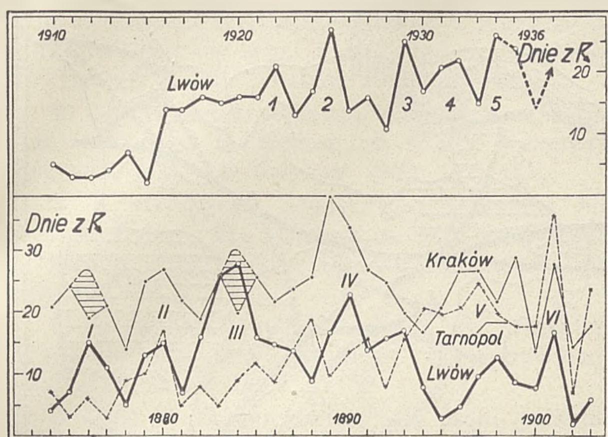
## 10. Wahania termiki z roku na rok.

Jaką wartość praktyczną przedstawiają te poszukiwania przy ogromnych zmianach pogody zachodzących z roku na rok? Pozostawiony w ten sposób problemat wahań w nasileniu i rozkładzie termiki, nie ma jeszcze precedensu w literaturze, a materiał, jakim rozporządzać można dla Polski, nie pozwoli zapewne przez długi czas jeszcze zdać sobie bodaj sprawę z zagadnienia. Czy mamy tu do czynienia z tak ogromnymi wahaniami, jak w wypadku ciśnienia i opadu, czy też przebiegi termiki są regularniejsze? Przy koncepcji uzależnienia termiki od terenu należałoby oczekiwać raczej tego drugiego. Przy tym, termika pogodowa jako bardziej wypracowana terenem, byłaby więcej re-

Stałe obszary z małą częstością burz, t. zn. obszary zmniejszonej termiki, w jednych latach pęcznieją, w innych kurczą się. Są to: oś Kalisz — Pojezierze mazurskie, okolice wideł Wisły i Sanu, obręcz otaczająca od *N* i *W* Polesie, podolska dolina Dniestru. Bardzo duże zmiany z roku na rok, wykazują: Wileńszczyzna, środkowe i południowe Polesie, Wołyń i Podole — jednym słowem cały wschód Polski.

Opierając się na tej analizie, możemy być dostatecznie pewni co do ogólnej charakterystyki termiczno-burzowej całej Polski, z wyjątkiem wschodu. Natomiast co do wahań „stojących“, t. zn. zmian zachodzących w ilości termiki z roku na rok, to sprawa jest już bardzo trudna. Jak bezładne i nieoczekiwane potrafią

być te wahania, świadczy ryc. 10, gdzie u dołu mamy wahania ilości dni z burzami dla Krakowa, Lwowa i Tarnopola, a u góry dla Lwowa, ale dla obecnego już okresu.




Ryc. 10.

*Długoletnie wahania w ilości dni z burzami. U dołu: dla 30-letniego okresu 1874—1903. U góry: dla Lwowa od r. 1910 aż po chwilę obecną. Zauważ, że jeżeli Lwów i Kraków mają podobne przebiegi, to Tarnopol stanowi już odrębną dziedzinę burz. Symbolami I—IV zaznaczono maksima burz występujące co 3—4 lata. We Lwowie od r. 1920 okresy te (1—6) zdają się być krótsze (2,5 roku). Krzywę dla Lwowa przedłużono hipotetycznie do r. 1937.*

Jeżeli w krzywej Krakowa i Lwowa można się jeszcze doszukać podobieństwa, to Tarnopol leżący w wyżej wymienionym, bardzo zmiennym rejonie burz, stanowi już zupełnie odrębną dziedzinę. Dziedzina ta około r. 1875 była uboższa w burze od Lwowa, około r. 1893 zrównała się ze Lwowem, a od r. 1893 jest już bardziej zasobna w burze niż Lwów, dorównywując pod tym względem Krakowowi. A Lwów w świeżym okresie? Nagły skok w r. 1916 podnosi wartość termiczną tego obszaru, przy czym pojawiają się krótkie, 2,5 roczne wahania, w których dochodzi do 27 dni z burzą w roku (4—5 burz w 1 miesiącu letnim). Jak przewidzieć i zekstrapolować taką krzywę, jak dla Lwowa? Prawdopodobnie przez długi czas jeszcze będzie to niemożliwym.

## 11. Typowane trasy przelotowe.

W mapach przedstawionych na ryc. 4 i 8, mimo szeregu braków, jakie zawierają, mamy już zupełnie konkretne wyniki. Trzeba jeszcze przyjąć dużą tolerancję granic poszczególnych regionów termiki (zdaje mi się że 50—70 *km*), istnienie małych wysp termiki dodatniej i ujemnej, które z powodu braku stacyj nie wyszły i t. d., ale nie błądzimy już na ogromnym obszarze Polski poomacku.

Stąd krok tylko do wytyczenia *głównych tras przelotowych* dla obszaru całej Polski. Materiał był następujący: 12 map zachmurzenia cumulusowego (9 dla poszcz. lat, 3 średnie), 5 map burz termicznych (4 dla poszcz. lat, 1 średnia), 3 mapy analizujące termikę w czasie, trasy przelotowe bociana, rozsiedlenie bociana w południowej Polsce. Na każdej z wyżej wymienionych map uwidacznia się zawsze kilka wyraźnych osi i obszarów, które narzucają się wprost, by je typować jako regiony uprzywilejowane termicznie. Po przeniesieniu tych osi, kierunków, obszarów — na jedną mapę, materiał wydał mi się tak obfity, że zdecydowałem się typować niektóre szlaki jako korzystne trasy przelotów szybowcowych. Kierowałem się przy tym doświadczeniem ze sporej ilości dłuższych przelotów, jakie miały miejsce na południu Polski, w r. 1935 i 1936 i nielicznymi niestety przelotami dokonanymi w różnych ośrodkach nizinnych.

Wyrysowane trasy rozbiłem na dwa obrazy: szlaki przy wiatrach północnych względnie południowych (ryc. 11 *a*), oraz szlaki przy wiatrach zachodnich względnie wschodnich (ryc. 11 *b*).

Mapy te są zrozumiałe same przez się, podaję jednak parę przykładów czytania ich, uwzględniając trasy najdłuższe.

*I. Z południowej Polski na Wileńszczyznę, lub odwrotnie* (ryc. 11 *a*).

1. Z Bezmiechowej & Ustjanowej:
   *a)* przez Wołyń i Polesie,
   *b)* przez Roztocze i Białostockie.
2. Ze Śląska lub Krakowa:
   *a)* przez grzbiet Krakowsko - Wieluński, Łódź, Warszawę, Białystok,
   *b)* przez G. Świętokrzyskie, Dęblin lub Warszawę, Białystok.

*II. Z południowej Polski na Pomorze, lub odwrotnie* (ryc. 11 *a*).

1. Z Bezmiechowej & Ustjanowej:
   *a)* przez Roztocze, Dęblin, Warszawę, Płock,
   *b)* Karpatami do wysokości Tarnowa, po tym na Kielce, Warszawę i t. d.,
   *c)* Karpatami do Krakowa, grzbietem Krakowsko - Wieluńskim, Kalisz, Poznań.
2. Ze Śląska lub Krakowa:
   *a)* przez grzbiet Krakowsko - Wieluński, Kalisz, Poznań,
   *b)* przez Góry Świętokrzyskie, Warszawę, Płock.

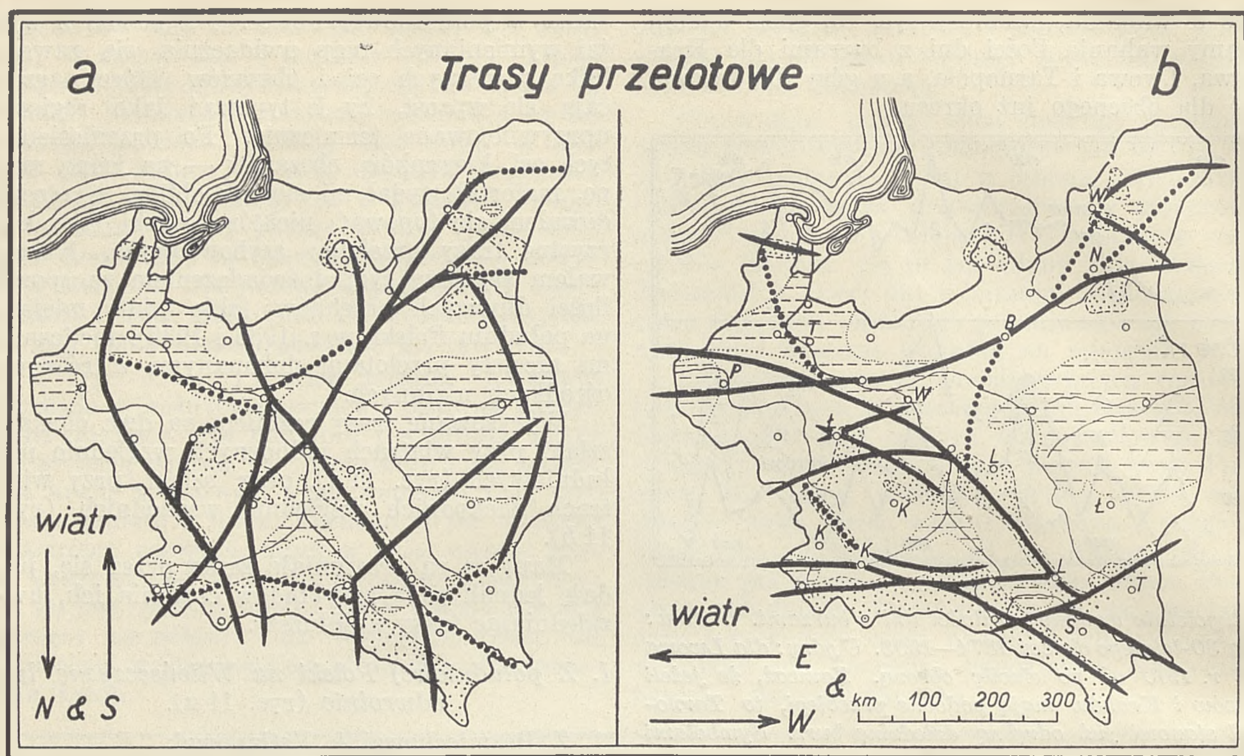
*III. Z Pomorza na Podole, lub odwrotnie.*

1. Przez Poznań, Warszawę, Roztocze, Lwów, doliną Dniestru (ryc. 11 *a*).
2. Przez Poznań, Kalisz, grzbiet Krakowsko-Wieluński, Karpatami (ryc. 11 *b*).

*IV.* Przy częstych u nas, silnych wiatrach *NW*, kalkuluje się przelot: 1. Poznań—Warszawa—Lwów—Śniatyn, 2. przelot wzdłuż Karpat.

Przy równie częstych wiatrach *W*, opłaca się przelot: 3. Poznań (względnie Pomorze) — Warszawa—Wilno, oraz 4. przelot wzdłuż Karpat ze Śląska.

Przy wiatrach *S* i *N* kalkulują się przeloty: 5. Śląsk—Kalisz—Poznań—Pomorze, 6. Podole Wołyń — Pińsk — Wilno, 7. Warszawa — Kielce—Karpaty, i t. d.




Ryc. 11.

*Typowane przez autora trasy termicznych przelotów szybowcowych: a) przy wiatrach północnych względnie południowych, b) przy wiatrach zachodnich, względnie wschodnich. Liniami kropkowanymi zaznaczono odcinki, które ewentualnie trzebaby przelecieć z bocznym wiatrem. Najpewniejszymi są trasy: północna (Poznań wzgl. Pomorze - Warszawa - Białystok - Wilno) i południowa (karpacka). Pomiędzy nimi istnieją dwa dobre pomosty: Roztocze i grzbiet Krakowsko - Wieluński. Połączenia przez Kieleckie, dolinę Wisły, Wołyń i Polesie, nie są już tak pewne. Zauważ, że lot docelowy do jakiegoś miejsca może odbywać się 2, a nieraz i 3 różnymi trasami, nieróżniącymi się zbytnio co do długości. Np. na ryc. 11 a: Poznań - Bezmiechowa & Ustjanowa, 1-sza trasa: Poznań - Warszawa - Roztocze - Przemyśl - B. & U. ca. 650 km; 2-ga trasa: Poznań - Warszawa - Kielce - Tarnów - Karpatami, ca. 650 km; 3-cia trasa: Poznań - Kalisz - Wieluń - Kraków - Karpatami, ca. 650 km.*

Omawiamy tu oczywiście szlaki najdłuższe, które były na razie eksploatowane krótkimi tylko odcinkami. Zachodzi też pytanie, czy wogóle najdłuższe nasze szlaki zdoła się przelecieć jednym lotem. Otóż wydaje się, że przy nadzwyczajnych tylko warunkach termiki wiatrowej, można będzie uskutecznić w całości takie przeloty, jak np. Bezmiechowa & Ustjanowa — Hel (około 900 *km* po trasie), Bezmiechowa & Ustjanowa — Wilno (ok. 800 *km* po trasie), Poznań — Zaleszczyki (około 900 *km* po trasie). W ciągu letniego dnia rozporządza się bowiem w najlepszym razie 8 godzinami termiki ($9^h$ do $17^h$) co przy bardzo dobrej szybkości przelotowej 60 *km* na godzinę, da około 500 *km*. Z tego względu o wiele bardziej możliwe wydają się przeloty wzdłuż Karpat (550 *km*) i wzdłuż północnej Polski (Poznań — Wilno 700 *km*). I odległości bowiem są mniejsze i silne wiatry zachodnie częstsze, i wreszcie termika jest w tych pasach silniejsza. Pamiętajmy więc: Poznań lub Śląsk !

* * *

Przedstawione tu wyniki nie obejmują wszystkich odmian warunków lotnych, a tylko stosunki niskiej termiki konwekcyjnej. Nie jest to więc suma możliwości szybowcowych, jaką rozporządzamy na terenie kraju. Tak np. Karpaty oprócz silnej termiki konwekcyjnej, mają też swoją specjalną, jesienną termikę gór [4]). Zagadnienia termiki wybrzeża, termiki wyżyn i małych łańcuchów górzystych, które tak często jednak urozmaicają nasz monotonny niż polski, zagadnienia termiki wysokiej, nocnej, zimowej, wiatrowej, ujęte pod kątem widzenia regionalizmów, dadzą dopiero sumę naszych możliwości szybowcowych. Termika wiatrowa dała w Niemczech piękne wyniki. Gdy jej jednak na ostatnich zawodach w Rhön w r. 1936 zabrakło, trzeba było wrócić do zwyczajnej termiki cumulusowej. Nie da ona może tak błyskotliwych wyników, jak rzadka termika wiatrowa, będzie jednak latem najczęstszym stanem pogody; nie zmusi też silnym wiatrem do przelotów na niegościnny i monotonny termicznie wschód. Co drugi dzień średnio Cumulusy, piękna pogoda, słaby wiatr — i wędrówka z jednego upatrzonego miejsca w drugie, po sto, dwieście *km* dziennie. Zagadnienie termiki cumulusowej, wykorzystanie jej minimów, a w związku z tym zagadnienie odpowiednich maszyn, oto racjonalne podstawy przyszłości naszego szybownictwa.

[4]) A. Kochański: Termika gór. „Skrzydlata Polska" 1935, Nr. 11.

**Wyzyskana literatura odnośnie przelotów i gniazdowisk ptaków.**

1. K. Wodzicki: Studja nad bocianem białym w Polsce. I. Rozmieszczenie i ochrona bociana białego w woj. krakowskiem. „Ochrona Przyrody", R. 13. Kraków 1933. Str. 88.
2. K. Wodzicki: Studja nad bocianem białym w Polsce. II. Bocian na Śląsku. „Ochrona Przyrody", R. 14. Kraków 1934. Str. 110.
3. K. Wodzicki: Studja nad bocianem białym w Polsce. III. Bocian w woj. lwowskiem. „Ochrona Przyrody", R. 15. Kraków 1935. Str. 156.
4. A. Czudek: Bocian biały w woj. śląskiem. Wydawn. Muzeum Śląskiego w Katowicach, Dział III, nr. 8. 1935.
5. Jan B. Sokołowski: Ptaki ziem polskich. Wydawn. Ligi Ochr. Przyrody, T. 1, Z. 1. Poznań 1934. Rozdz. p. t. Wędrówki ptaków.
6. J. Domaniewski: Wędrówki ptaków. Bibl. Szkoły Powsz. Lwów 1934.
7. A. Wodziczko: Praca młodzieży na polu ochrony przyrody. „Ochrona Przyrody", R. 14. Kraków 1934. Na str. 13 mapa rozmieszczenia bocianisk w pow. poznańskim.
8. Sprawozdania z działalności Stacji Bad. Wędrówek Ptaków. Acta ornitologica Musei Zoologici Polonici. Warszawa 1931—1934.
9. J. Thienemann: Vom Vogelzuge in Rossitten. Neudamm 1931.
10. F. Lucanus: Die Rätsel des Vogelzuges, III Aufl. Leipzig 1929.
11. H. Duncker: Wanderzug der Vögel. Jena 1905.
12. J. A. Palmén: Über die Zugstrassen der Vögel. Leipzig 1876.
13. H. A. Chołodkowskij i A. A. Syłańtiew: Ptyci Europy. Petersburg 1901.

Dr ADAM KOCHAŃSKI

# Z badań nad strukturą atmosfery podczas termiki Cumulusów.

(Autoreferat z prac i poszukiwań).

## Sur le problème de la thermique des Cumulus.

C'est le résumé, et un point de vue général, sur les résultats des travaux aérologiques, qui ont été commencés en 1932 par l'Institut de la Technique d'Aviation sans moteur et l'Institut de Géophysique de l'Université de Lwów, et poursuivies en 1933, 1934 et 1935. L'auteur donne les indications pratiques pour les constructeurs, instructeurs et aviateurs, parle sur les questions particulières plus interessantes du problème de la thermique do *Cu*, de même que discute la méthode des ascensions par l'avion et la méthode des pilotages par 2 théodolites. Dans la bibliographie notée par l'auteur, on peut trouver les indications plus exactes, aussi bien que les explications des problèmes particulières.

W klimatach o charakterze kontynentalnym, termika *Cu* jest latem dominującym stanem pogody. W Polsce, zależnie od regionu i roku, 60 do 80% dni 6 miesięcy letnich, charakteryzuje się Cumulusami.

Dokładne uświadomienie sobie tego, tak zresztą oczywistego ale niedość podkreślanego faktu, wysunęło postulat szczegółowego zbadania struktury atmosfery podczas występowania *Cu*. ITS wraz z Instytutem Geofizyki i Meteorologii U. J. K., realizowały programowo ten postulat od r. 1933. Mimo ogromnych braków technicznych i finansowych, możemy dziś na podstawie wyników 3-letnich badań, odtworzyć budowę i funkcjonowanie atmosfery podczas termiki *Cu*, do wysokości 4000 *m*.

Należy jednak z naciskiem podkreślić, że jeżeli ogólny obraz termiki *Cu* jest już zadawalająco znany, to cały szereg szczegółowych kwestyj o pierwszorzędnym dla lotnictwa znaczeniu, nie zostało dotychczas wyczerpująco i wystarczająco wyjaśnionych. Istnieją nawet *zagadnienia* tylko *postawione*, a zupełnie nieopisane i niebadane. Tak np. kapitalne dla wytrzymałości konstrukcyj, zagadnienie gradientu prądów pionowych, nie zostało ani w części wyjaśnione z powodu braku odpowiednich pomiarów. A nie ma niestety z tej dziedziny publikacyj obcych.



*Fot. 1.*
*Cu pogodowe, nieco przepiętrzone, charakterystyczne dla bardziej kontynentalnych obszarów. Ustjanowa, początek lipca 1936, około 15$^h$, kierunek na NW.*
*Fot. F. Kotowski.*

Z ogromnej grupy poszczególnych zagadnień, składających się na całość tematu, można wydzielić 3 działy: I. Zagadnienia mające ważne praktyczne znaczenie dla techniki pilotażu, taktyki i ekonomii lotu tak szybowcowego jak i motorowego, konstrukcji i wytrzymałości aparatów, bezpieczeństwa lotów itd. II. Zagadnienia praktycznie narazie mniej ważne. III. Zagadnienia o wartości — jak dotychczas przynajmniej — czysto naukowej.

Zagadnień tych i rezultatów, osiągniętych w trakcie badań, nie da się pobieżnie streścić. Rycinami zilustrowałem kilka ciekawszych kwestyj, a poniżej podaję tylko *zestawienie zagadnień* wchodzących w skład wielkiego problemu termiki *Cu*. Niektóre z nich wyłoniły się dopiero w trakcie badań i poszukiwań i są postawione — zdaje mi się — niezależnie, od szczupłej zresztą literatury zagranicznej z tego zakresu. Inne są rozwinięciem znanych już częściowo problematów.

## I. Ważniejsze zagadnienia składające się na problem termiki Cumulusów.

Cyfry w nawiasach odsyłają do literatury cytowanej w rozdz. II.

1. Odmiany i rodzaje termiki *Cu* (**2**, str. 72, 76, **3**, 317—324).

2. Przebieg dobowy równowagi pionowej atmosfery, podczas termiki *Cu*; ryc. 1 (**1**, str. 94, **3**, 346—357, **9**, 294, **11**).

3. Przebieg dobowy szybkości prądów pionowych, podczas termiki *Cu* (**1**, str. 95, **3**, 340, 360—376, **5**, 39, **8**, 202).

4. Termika wieczorowa i nocna; ryc. 4 (**3**, str. 342, 348, 362, 366, 367, 371, 414).

5. Krótkoczasowa zmienność struktury pionowej atmosfery, podczas termiki *Cu*; ryc. 2 (**3**, str. 343, 362—373, **5**, 47—48, **8**, 204, **9**, 295, **11**).

6. Rola podłoża terenowego: wpływ do 500—600 *m*, zwiększona turbulencja do tej wysokości, ogromny wpływ wód gruntowych (**3**, str. 377—383, **5**, 43, **9**, 298, **10**, 70—71).

7. Ogniska kominów: ogniska na liniach fizjograficznych, a ogniska lokalne, zależne od rodzaju pokrycia podłoża (**3**, str. 383, **5**, 43, **7**, 183, **10**, 74—76).

8. Szybkości prądów pionowych w atmosferze bezchmurnej, podczas termiki *Cu*: ryc. 4 (**1**, str. 90, 95—100, **3**, 407—414, **4**, 66—67, **5**, 48, **8**, 204, **9**, 295).

9. Kominy termiczne; ryc. 2 (**1**, str. 102—108, 111, 112, **3**, 360—376, 384, **5**, 44—47, **6**, 213, **7**, 183, **8**, 203—204, **9**, 295, 297):

*a)* ich szerokość i wysokość (**1**, 105);

*b)* czas trwania: pulsacje prądów pionowych (**1**, 108, **3**, 384—388);

*c)* odległości między kominami (**5**, 44);

*d)* żyły prądów opadających wewnątrz kominów;

*e)* spiralny, lewoskrętny ruch powietrza w kominie (**3**, 390—393);

*f)* kominy popołudniowe (**4**, 67, **7**, 203).

10. Studnie, obszary między kominami; ryc. 2 (**1**, str. 102—108, 110, **3**, 360—376, 384—388, 390—393, **5**, 44—47, **11**).

11. Gradienty prądów pionowych (**1**, str. 115, **3**, 337, 371, 392, **5**, 47).

12. Formy występowania *Cu*: *A)* osobniki, *B)* zgrupowania.

1. *Cu* izolowane,
2. Płaszcze z *Cu* izolowanych,
3. Grupy *Cu*,
4. Wały czyli ławy *Cu*,
5. Szeregi czyli łańcuchy, czyli „różańce“ *Cu*,
6. Szlaki czyli „sztrasy“ *Cu*:

(**1**, str. 92, **2**, 73, **3**, 403—407, **5**, 37, **8**, 202, **11**).

13. Klasyfikacja obłoków kłębiastych pod względem natężenia:

1. *Cu humilis,*
2. *Cu congestus,*
3. *Cunb calvus* (obłok burzowy bez kowadła),
4. *Cunb capillatus* (obłok burzowy z kowadłem),
5. Gradacja i pochodzenie *Cu* dla Polski:

(**1**, str. 92, **2**, 73, **3**, 403—407, **5**, 37, **8**, 202, **11**).

14. Stany rozwojowe *Cu*, życie obłoku; ryc. 3 *a*, *b*, *c* (**1**, str. 94, 108, **3**, 402, **5**, 39, **6**, 213).

15. Struktura termiczna *Cu*: obłok „nałożony“ na komin, stopniowe przejście w mgłę chmurną na bazie obłoku, turbulencja ścian bocznych, „nakrycie“ obłoku *kapą* inwersyjną, „*lej*“ w środku bazy, „*żyły*“ prądów opadających wewnątrz obłoku; ryc. 3 *a, b, c*, (**3**, str. 399—402, **5**, 38, **8**, 203, **9**, 295—296).

16. Rozkład prądów pionowych w okolicy obłoku; ryc. 3 *c* (**1**, str. 101, **3**, 393—398, 409—414, **4**, 63, 67, **5**, 40, **8**, 203—204, **9**, 295).

17. Szybkości prądów pionowych wewnątrz obłoku; ryc. 4, 5, 6 (**3**, str. 414, **4**, 63, 67, 68, **5**, 48, **8**, 204).

18. Fenomeny *Cu*: „*kocioł*“ (ryc. 7), *Cu* popołudniowe, *Cu* nocne, *Frcu* turbulencyjne podczas jesiennej termiki gór, *Cu* dwupiątrowe, (**3**, str. 405—406, **4**, 63, 67, 68, **8**, 202—203, **9**, 296).

19. Związek między szybkościami prądów pionowych, a szybkościami wiatru (**3**, str. 388—390).

20. Zagadnienie turbulencji: turbulencja przy występowaniu *Cu* wypiętrzonych, około tych obłoków; stałe pojawianie się turbulencji w mgle chmurnej; stałe pojawianie się po burzach; wszędzie w świeżych masach polarnych; turbulencja z resztek powietrza polarnego, pozostałego w drobnych „soczewkach“; ogromna turbulencja u podstawy *Stcu* o wyglądzie *Acu* (**1**, str. 114, **3**, 336—339, 343—346, **5**, 41—43, **8**, 204, **9**, 294—295).

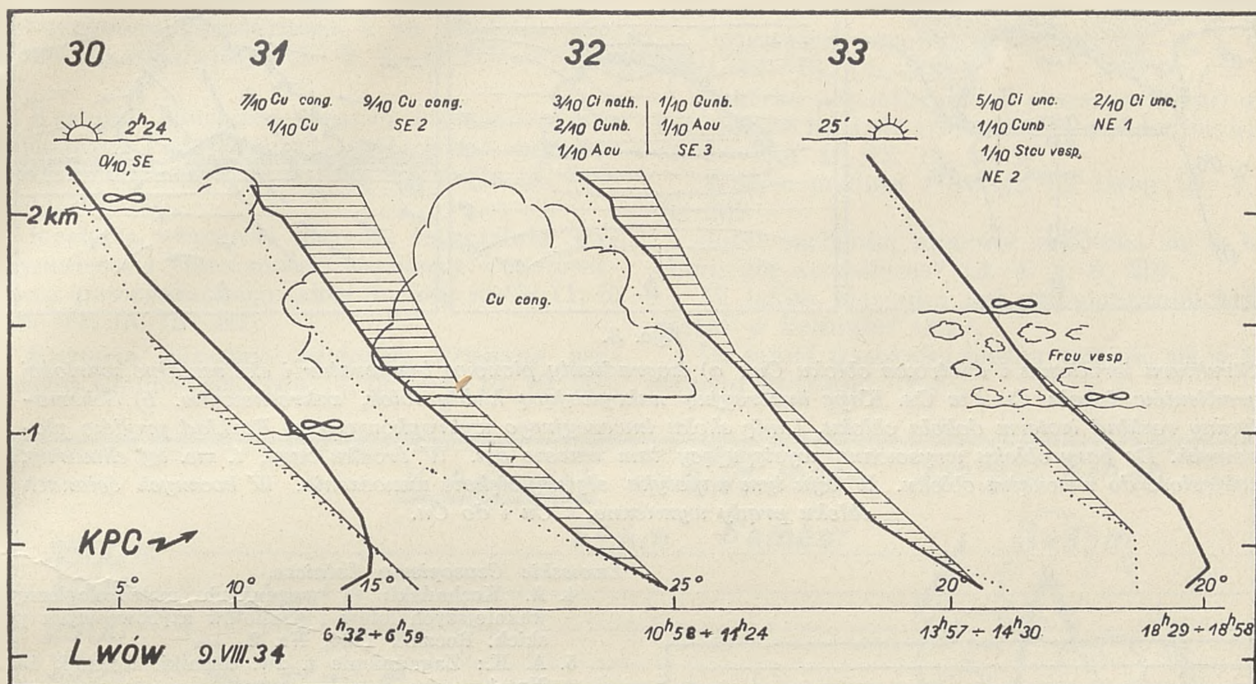
## II. Zestawienie prac I. T. S. i Inst. Geofizyki U. J. K., traktujących o termice Cumulusów [1]).

*Komunikaty Instytutu Geofizyki i Meteorologii U. J. K. we Lwowie.*

1. A. Kochański: O prądach wstępujących na szybowisku w Bezmiechowej. Kom. Nr. 69. 1933 (rozdział II, traktujący o prądach termicznych i turbulencyjnych).
2. A. K.: Caractères de continentalisme utilisés dans le vol à voile. Kom. Nr. 95. 1934. Tekst francuski.
3. A. K.: Studia nad strukturą atmosfery podczas termiki Cumulusów. Kom. Nr. 109. 1936.

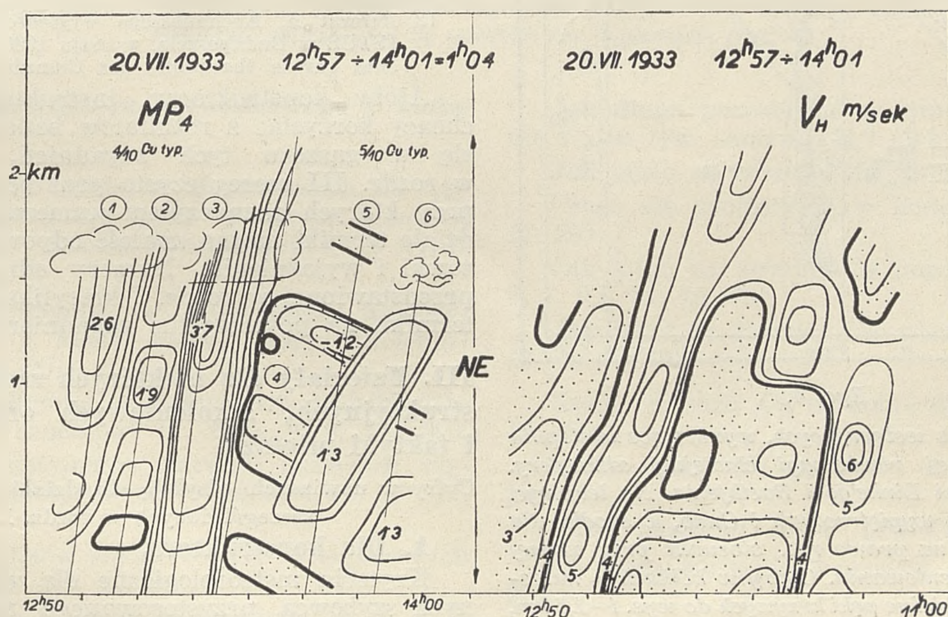
---

[1]) Podaję tylko niektóre, łatwo dostępne publikacje polskie, traktujące o termice *Cu*. W publikacjach tych znajdzie czytelnik wskazówki do odnośnej literatury zagranicznej.



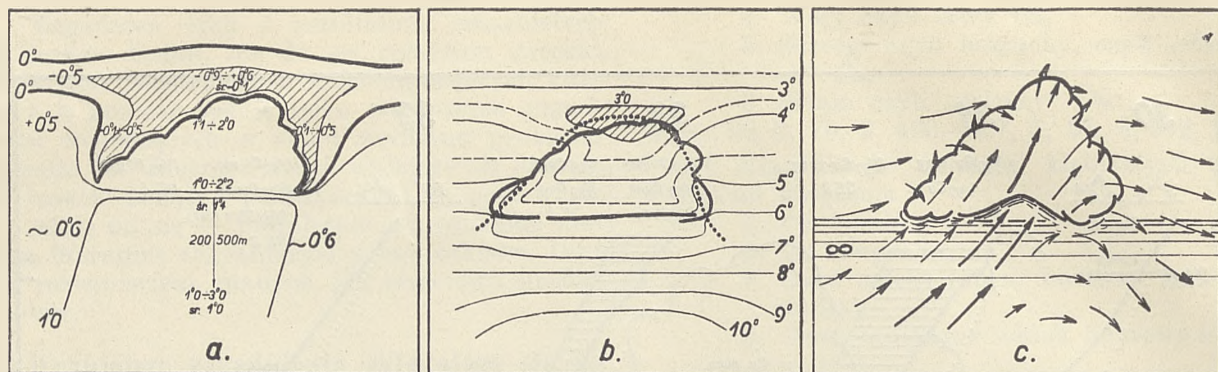

*Ryc. 1.*

*Przebieg dzienny równowagi pionowej atmosfery, przedstawiony w emagramach. Grube linie pełne oznaczają temperaturę podczas wzlotu, linie kropkowane podczas zlotu. Wzlot nr. 30 uskuteczniono 2 godz. 24 min. po wschodzie słońca (sierpień), wzlot nr. 33 uskuteczniono 25 min. przed zachodem słońca. Opisy wzlotów: Nr. 30 — przy starcie resztki nocnej inwersji, przy lądowaniu wytworzenie się już, słabej równowagi chwiejnej. Nr. 31 — duża równowaga chwiejna do poziomu Cu, jeszcze większa wewnątrz chmur, okres najbardziej ożywionej cyrkulacji pionowej. Nr. 32 — zanikanie chwiejności po maksimum rozwoju Cu, około godz. 14. Nr. 33 — przy wzlocie brak chwiejności i resztki Cu, przy zlocie wytwarzanie się termiki wieczorowej.*



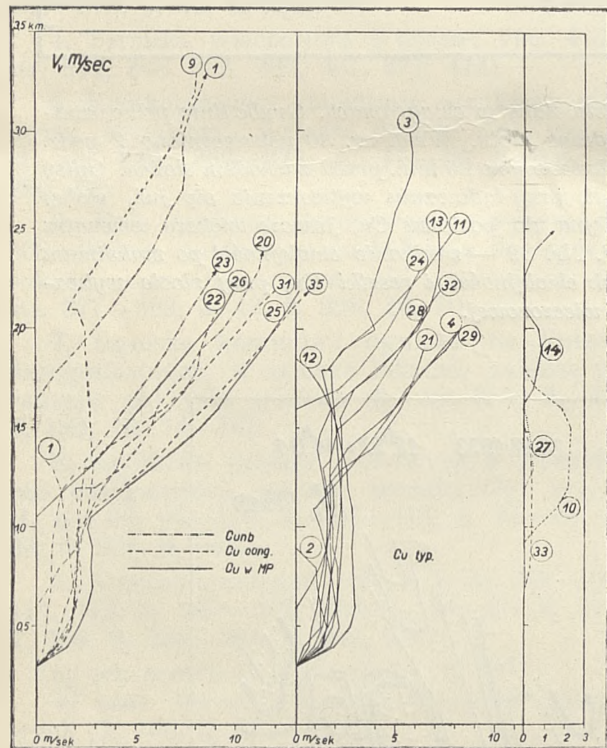

*Ryc. 2.*

*Na lewo izoplety szybkości prądów pionowych w m/sek. Na prawo odpowiadające im izoplety szybkości wiatru. Lotnisko Skniłów. 1, 2, 3, 4, 5, 6 = drogi balonów wizowanych 2-ma teodolitami. MP₄ = czwarty dzień ustalenia się mas polarno-morskich. Zauważ trzy dobrze wykształcone kominy termiczne i dość silną studnię między kominem drugim, a trzecim.*




Ryc. 3.

*Struktura termiczna i wiatrowa obłoku Cu: a) izogradienty pionowe temperatur i ekstremalne wartości gradientów dokoła Cu i w Cu. Kapę inwersyjną nakrywającą każdy obłok, zakreskowano. b) Schematyczny rozkład izoterm dokoła obłoku. Linię skoku inwersyjnego wykropkowano. c) Rozkład prądów pionowych. Do bazy obłoku wrysowano występujący tam zawsze pył. W środku bazy, t. zw. lej chmurny, zaklęsłość do wewnątrz obłoku. W leju tym napotyka się największe wznoszenia. W bocznych ścianach obłoku prądy wymienne, z Cu i do Cu.*




Ryc. 4.

*Szybkości prądów wstępujących, wynikające ze stopnia suchej i wilgotnej równowagi chwiejnej atmosfery, obliczone wzorami Linke'go i Raethjen'a. Na lewo ryc. stosunki przy Cu wypiętrzonych i Cunb, w środku dla Cu pogodowych, na prawo ryc. stosunki przy nocnej termice wypromieniowania. Cyfry w kółkach = numeracja wzlotów. Zbieżne pęki krzywych do wys. 1—1,5 km, ilustrują warunki w bezchmurnej atmosferze pod Cu. Nachylone krzywe rozbieżne, oddają stosunki wewnątrz Cu, przy wilgotnej równowadze chwiejnej.*

*Lwowskie Czasopismo Lotnicze.*
4. A. Kochański: O warunkach meteorologicznych ważniejszych lotów i przelotów szybowcowych polskich. Rocznik 1934, Nr. 2.
5. A. K.: Zagadnienie t. zw. termiki. Rocznik 1934, Nr. 1.

*„Skrzydlata Polska".*
6. A. Kochański: Pilotom szybowcowym pod rozwagę. Nr. 8 z r. 1935.
7. A. K.: Mapa kominów. Nr. 7 z r. 1936.
8. A. K.: Lot żaglowy na termice Cumulusów i burz letnich. Nr. 7 z r. 1936.
9. A. K.: Regionalizm termiki. Nr. 10 z r. 1936.
10. A. K.: O regionach termiki i trasach przelotów cowych w Polsce. Nr. 3 z r. 1937.

*Mitteilungsblatt Nr. 4 der Intern. Studienkommission für den motorlosen Flug. Darmstadt 1935.*
11. A. Kochański: Travaux météorologiques pour le vol à voile en Pologne (tekst francuski).

*W rękopisie:*
12. Referat A. Kochańskiego wygłoszony na zjeździe ISTUS w Budapeszcie, w maju 1936, p. t. „Recherches sur la thermique des Cumulus".

Ażeby konstruktorzy, instruktorzy i piloci, chcący korzystać z rezultatów badań, nie gubili się w gąszczu tych zagadnień, postawiłem w rozdz. III szereg czysto praktycznych pytań, przy których zaznaczyłem numerami, w jakim dziale termiki można znaleść odpowiednie wskazówki i wyjaśnienia. Numery odnoszą się do przedstawionej w rozdz. I klasyfikacji problemu termiki, na poszczególne zagadnienia.

## III. Materiały dla niektórych zagadnień konstrukcyjnych, szkoleniowych oraz techniki i taktyki pilotażu.

Cyfry w nawiasach odsyłają do działów termiki wyszczególnionych w rozdz. I.

### A. Dla konstruktora.

Kryteria meteorologiczne dla własności lotnych szybowca przystosowanego *specjalnie* do lotów na termice *Cu* (1, 5, 8—11, 15—17, 19, 20).

Kryteria meteor. dla własności lotnych szybowca przystosowanego do ustanawiania wyczynów przy *maksymalnie korzystnych* warunkach termiki *Cu* (1—3, 6—12, 15—20).

Kryteria meteor. dla własności lotnych szybowca przystosowanego specjalnie do wyzyski-

wania *minimów* atmosferycznych (1—5, 7—11, 15—17, 19, 20).

Kryteria dla własności lotnych i ekonomii *motoszybowca* popularnego, t. zn. zdatnego *częściowo do żaglowania* (1—3, 7—11, 15—17, 19, 20).

Kryteria własności lotnych (specjalnie wytrzymałości i stateczności) szybowca i motoszybowca przeznaczonego *do lotu nie w Cu* (1, 3, 5, 8—11, 19, 20).

Kryteria własności lotnych (specjalnie wytrzymałości i stateczności) szybowca i motoszybowca przeznaczonego także *do lotu w Cu* (1, 3, 5, 9—11, 13, 15—20).

Kryteria odnośnie *zdolności krążenia* szybowców i motoszybowców (1, 5, 7—9, 15, 19, 20).

**C. Dla pilota szybowcowego.**

Pora startu na żaglowanie (2—5, 9, 12—14, 20).

Optymalne warunki przelotowe (1—3, 5, 7—10, 12—16, 18—20).

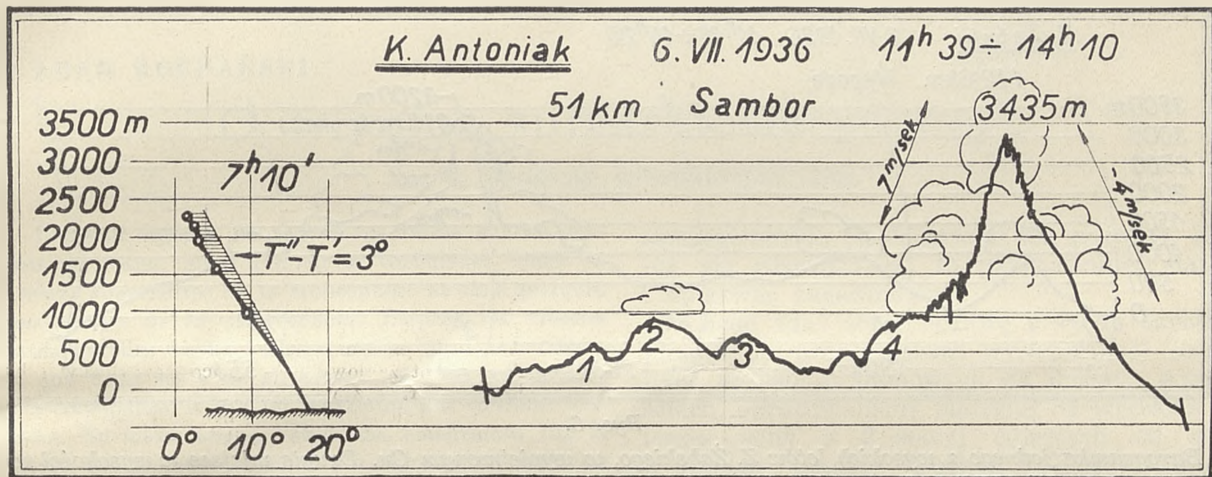
Taktyka przelotu: jakich obszarów i linij unikać, jakich linij się trzymać i je wykorzystywać? (1, 5—7, 9, 10, 12, 15, 18, 20).

Wpływ podłoża i uwaga na teren (5—7, 9, 10, 20).

Jakie szybkości pionowe napotyka się w bezchmurnej atmosferze? (3, 4, 8, 9, 20).

W jakim kierunku jest ekonomiczniej kręcić spiral w kominie? (9 *e*).

Do jakiej wysokości można wznieść się w tym samym kominie? (9 *a*).




*Ryc. 5.*

*Barogramka lotu K. Antoniaka w wypiętrzonym Cu. Rekord wysokości IV KZS w Ustjanowej. Na lewo emagram z 4 godzin przed startem Antoniaka. W emagramie, mimo wczesnej pory, widać już równowagę chwiejną. Zauważ, że notowane w tym locie szybkości wznoszenia w chmurze, zgadzają się z szybkościami obliczonymi ze wzlotów aerologicznych (ryc. 4).*

**B. Dla instruktora szybowcowego i motorowego.**

Materiał do ustalania *stopniowania na warunki atmosferyczne* przy wyższym treningu szybowcowym i lataniu wyczynowym (1, 4—7, 9, 12—20).

Kiedy występuje w atmosferze niepokój („rzucania") a kiedy spokój (pory szkolenia) (2, 3, 5, 6, 9, 20).

Gdzie występują w atmosferze najsilniejsze i najczęstsze rzucania? (1, 2, 5, 6, 9, 11—20).

Jakie są optymalne warunki przelotów szybowcowych a motorowych? (1, 2, 5, 9, 10, 12—17, 19, 20).

Pora przelotów szybowcowych a motorowych (1, 3, 5, 9, 12—17, 19, 20).

Wysokość przelotów motorowych (1, 2, 6, 7, 9, 10, 12—17, 20).

Trasy przelotów szybowcowych i motorowych (1, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 20).

Pora, warunki i wysokość nocnych lotów szybowcowych i motorowych (2—4, 6, 12, 13, 18, 20).

Jak długo pozostawać w tym samym kominie i pod tym samym *Cu*? (9 *b*, 14).

Jak gęsto są rozstawione kominy? (9 *c*, 12).

Czego się spodziewać w kominie? (5, 8, 9, 11, 20).

Jak latać na termice *Cu* popołudniu? (2, 3, 6, 7, 9 *f*, 14, 18, 20).

Jak latać na termice *Cu* wieczorem i nocą? (2—4, 18, 20).

Które odmiany *Cu* są dobre do przelotu? (1, 12—18).

Które stadia *Cu* są dobre do lotu? (1, 9 *b*, 12—18).

Gdzie najlepiej „nosi" pod *Cu*? (15—17).

Co może wystąpić wewnątrz *Cu*? (15—18, 20).

Jakich prądów pionowych należy oczekiwać wewnątrz *Cu*? (17, 18, 20).

Co może wystąpić po bokach i nad *Cu*? (15, 16, 18, 20).

Gdzie występują najsilniejsze i najczęstsze rzucania? (1, 2, 5, 6, 9, 11—20).

## IV. O materiale i metodzie pomiarów.

Materiał, na którym oparłem rezultaty badań, był następujący:

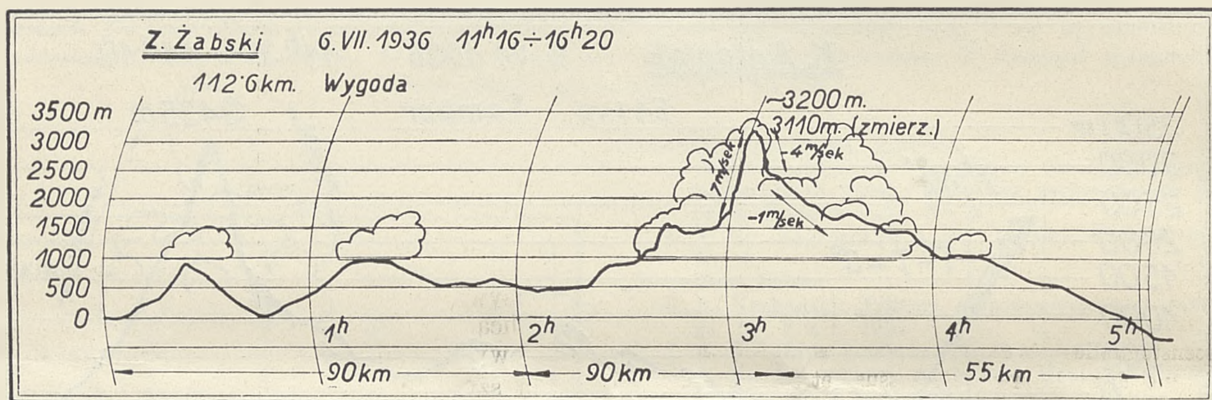
1) 100 pilotaży balonowych 2-ma teodolitami, w czasie 4. VI. — 4. VII. 1932, z Bezmiechowej.

2) 20 pilotaży w czasie 25. VI. — 2. VII. 1933, z Bezmiechowej.

3) 100 pilotaży i 13 wzlotów na Potezie XXV, do wys. 4—5 *km*, w czasie 10. VII. — 22. VII. 1933, z lotniska w Skniłowie.

4) 75 pilotaży w czasie 5. X. — 27. X. 1933, z Bezmiechowej.

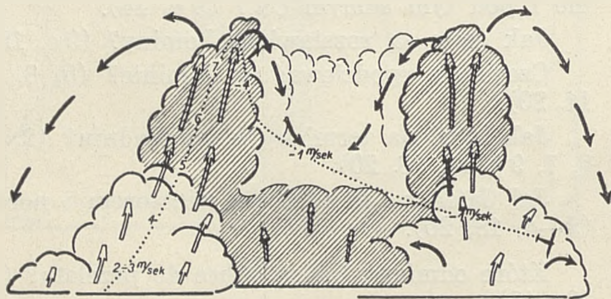
5) 22 wzlotów na RWD 8, do wys. 2,5 *km*, w czasie 10. VII. — 10. VIII. 1934, z lotniska w Skniłowie.




*Ryc. 6.*

*Barogramka jednego z wysokich lotów Z. Żabskiego, w wypiętrzonym Cu. Drugie miejsce w wysokości na IV KZS w Ustjanowej. Zauważ lot w kotle utworzonym w grupie Cumulusów.*

6) 43 pilotaży w czasie 29. VI.—12. VII. 1936, z Ustjanowej. Razem 338 pilotaży 2-ma teodolitami, średnio do wys. 2000 *m* i 35 wzlotów samolotowych. Wartość tego materiału podnoszą liczne fotografie *Cu*, oraz dokładne i gęste obserwacje dolne, czynione podczas samych pomiarów.




*Ryc. 7.*

*Schematyczny przekrój przez kocioł wewnątrz gniazda wypiętrzonych Cu. Linią kropkowaną zaznaczono lot Z. Żabskiego, strzałkami prądy wstępujące i opadające. Kocioł jest prawdopodobnie analogią do bezchmurnego „oka burzy" cyklonów tropikalnych. Powstaje w skupionych grupach wypiętrzonych Cu, gdy kompensacyjne odprowadzenie powietrza nazewnątrz grupy, nie wystarcza. Część prądu opadającego zwraca się wtedy ku środkowi grupy.*

Nadto miałem wgląd w materiał 26 wzlotów, przeprowadzanych trzy razy dziennie podczas typowych warunków cumulusowych, w czasie 29. VI. — 12. VII. 1936, z Ustjanowej.

Z innych materiałów ogromny pożytek dają studia barogramek, oraz dokładne opisy ciekawszych lotów, podawane mi przez pilotów szybowcowych. Z III K. Z. S. (1935), z IV K. Z. S. (1936), oraz ze Szkoły Szybowcowej w Bezmiechowej, rozporządzałem około 1500 barogramkami. Jest to naprawdę cenny materiał, z którego kilkaset ciekawych kopij znajduje się w zbiorach ITS.

Podstawowy materiał 35 wzlotów i 338 pilotaży byłby nie wystarczający, gdyby nie został zebrany metodycznie. Ponieważ celem było zbadanie termiki letnich *Cu*, starałem się nie marnować wzlotów względnie pilotaży na badanie innych stanów pogody; co najwyżej przejścia z okresu *Cu* w inne stany pogody. Nadto wzloty i pilotaże uskuteczniano nie w terminach stałych, ale wybierano momenty ciekawsze i momenty, które chciało się badać. Pomiary przeprowadzono krótkimi seriami, w których zagęszczano obserwacje, o ile to było tylko możliwe i celowe.

Na wzloty latałem zawsze jako obserwator. Sondaż z obserwatorem jest bowiem najekonomiczniejszym sposobem wyzyskania lotu. Obecność meteorologa na drugim siedzeniu w maszynie nadaje dopiero wzlotowi wartość pomiarową. Inne wzloty mają raczej wartość czysto statystyczną czy synoptyczną. Możność wyboru momentu startu, możność skierowania pilota w żądaną część atmosfery, chmury, komina, ogląd chmur i terenu z góry, liczne notatki i topowania meteorografu, wreszcie systematyczny pomiar prądów pionowych z szybkości wznoszenia się samolotu, oto rzeczy, których nawet najzdolniejszy pilot nie zdoła sam podczas wzlotu przeprowadzić.

Odnośnie pilotaży balonowych, wprowadzono obserwacje balonów o dużej własnej szybkości wznoszenia (150, 200 *m/sek*), wizowanych 2-ma teodolitami. Długość baz, używanych do tych pomiarów, wynosiła w Bezmiechowej 1617 *m*, w Skniłowie 824 *m*, w Ustjanowej 2000 *m*. Mimo, że D. F. S. pracuje balonami wyważonymi z oto-

czeniem, prowadziłem od początku badania balonami o dużej własnej szybkości wznoszenia, a to ze względu na *a)* dużą szybkość przesondowania atmosfery do wys. 2000 *m*, *b)* łatwe ogrzewanie się balonów wolnych. Maksymalne błędy odczytów wynosiły 0,5 *m/sek*; w 90% obserwacyj nie przekraczały 0,2 *m/sek*. Jest to dokładność dla naszego celu zupełnie zadawalająca.

Wprowadzono:

1. Systematyczne, pojedyncze sondaże rano, w południe i wieczór.
2. Liczne pojedyncze sondaże w różnych porach tego samego dnia, dla zbadania przebiegu dziennego prądów pionowych.
3. Sondaże, przy których balon wypuszczano w takim momencie, by można było badać rozmaite części *Cu*.
4. Serie balonów wypuszczanych po sobie w możliwie krótkich odstępach czasu, od 3 do 20 minut, po 3 do 9 balonów w każdej serii. Cel: dokładne zbadanie zmienności struktury pionowej, kominów, studni itd.
5. Systematyczne pomiary prądów pionowych, z obserwowanej szybkości wznoszenia się samolotu.

Na innym miejscu tego numeru znajdzie Czytelnik artykuł o geograficznym rozprzestrzenieniu termiki *Cu* w Polsce. Ta *próba* regionalnego ujęcia zagadnienia termiki, jest kontynuowaniem systematycznej pracy i badań nad termiką. Od ogólnego poznania szczegółów struktury atmosfery i jej funkcjonowania, trzeba będzie obecnie przejść do zagadnień regionalnych.

Dr **ADAM KOCHAŃSKI**

# O termice substratosferycznej [1].

## Sur la thermique substratosphèrique.

L'auteur résume les recherches faites sur les courants verticaux, ainsi que sur la turbulence, dans les portions supérieures de la troposphère et dans quelques premiers *km* de la stratosphère. D'après les vitesses ascensionnelles des 84 ballons-sondes (fig. 1), on a trouvé, que dans les 4 *km* au dessus, et 3 *km* au dessous de la tropopause, il y a un maximum des courants verticaux. En même temps, l'étude des emagrames (fig. 2) montre des grandes couches d'instabilité en altitudes de 5 à 10 *km*. Maximum d'apparition de cette haute instabilité se trouve entre 7 et 9 *km* (fig. 4). Les vitesses des courants verticaux ascendants, peuvent atteindre, d'après les calculs, 14 *m* par *sec*., en altitude 8 *km* (fig. 2, courbe $V_v$).

Jeżeli dolną część troposfery, do wysokości 5 *km*, znamy już naogół dobrze, to wyższe partie troposfery, tropopauza i stratosfera, stanowić będą jeszcze na długie lata dziedzinę wdzięcznych eksploracyj naukowych. Jak narazie bowiem, z wyższych części atmosfery mamy opracowanych kilka oderwanych zagadnień, nie odtwarzających jeszcze wcale warunków, struktury i sposobu funkcjonowania wysokich warstw.

W momencie kiedy możliwość eksploatacji wysokich warstw — powiedzmy 7—10 *km*, — zaczyna być dla lotnictwa ważną i realną, daje się odczuwać brak wiadomości o prądach pionowych i turbulencji w wysokich warstwach. Zachodzi też pytanie, czy na tych dużych wysokościach niema jakichś możliwości żaglowych dla szybownictwa.

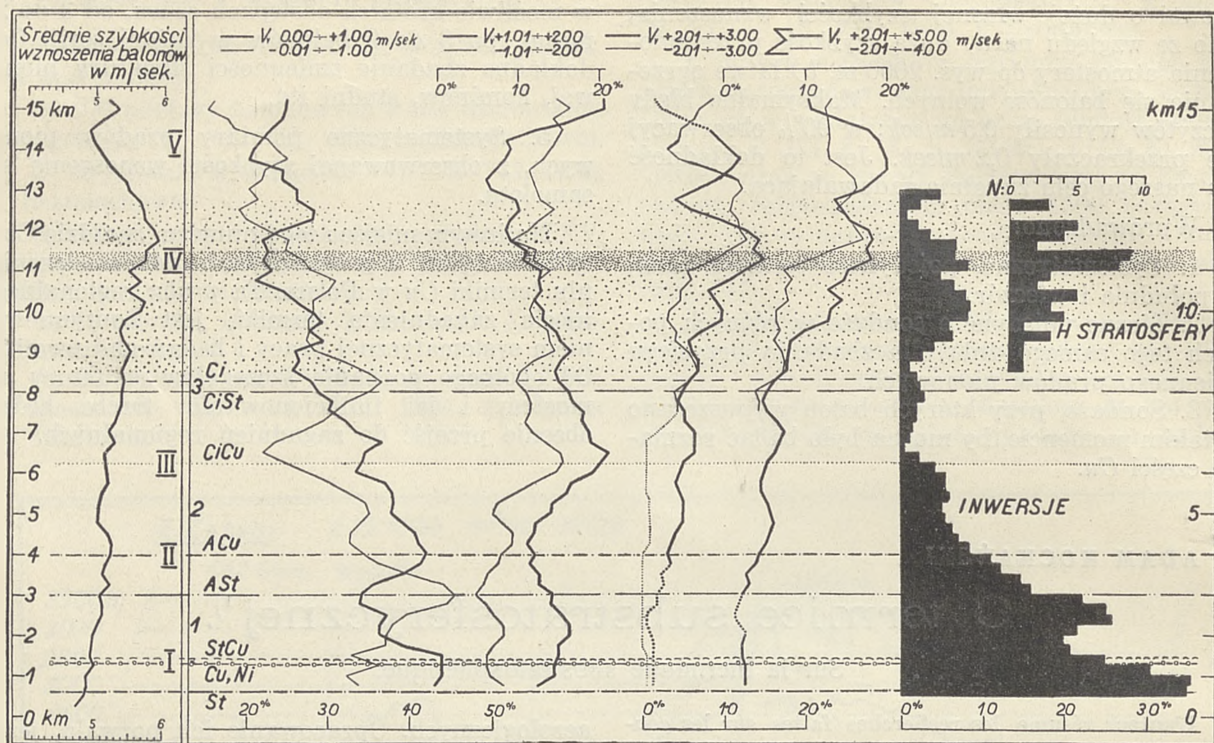
Od niewielu dopiero lat prowadzone na szerszą skalę badania prądów pionowych, nie sięgnęły jeszcze tak wysoko. Można znaleźć jednak pewne dane cyfrowe w starszych materiałach aerologicznych. Opracowanie ich pozwala, jeżeli już nie rozwiązywać, to przynajmniej stawiać i opisywać zagadnienia.

Chcąc zdać sobie sprawę z rzędu szybkości pionowych, oraz częstości występowania rozmaitych szybkości pionowych na dużych wysokościach, opracowaliśmy materiał 84 wysokich balonów-sond z 2 stacyj odległych od siebie o 100 *km*: Leipzig-Mockau (51°24'N, 12°43'E, 130 *m*) i Dresden-Heller (51°35'N, 13°46'E, 152 *m*). Materiał pochodził przeważnie z 8 rano i z miesięcy zimowych (IX—III) tak, że nie było obawy o silną insolację balonów-sond i o wpływ termiczny terenu w dolnych warstwach. Dla każdego poziomu 250-metrowego obliczono z 84 sondaży średnią szybkość wznoszenia się balonów, a następnie obrachowano o ile każdy balon wznosił się szybciej lub powolniej od tej średniej. Otrzymaliśmy w ten sposób odchylenia, które z dużym przybliżeniem wskazują szybkości prądów pionowych w *m/sek*. Wynik przedstawiony jest na ryc. 1. Widać, że w wyższych partiach troposfery, oraz conajmniej w kilku pierwszych *km* stratosfery, występują prądy pionowe o tym samym natężeniu co w pierwszych 2 *km* troposfery. Częstość występowania tych prądów jest związana z płaszczami obłocznymi. Maksimum ich pojawia się w przejściu z troposfery w stratosferę, czyli w t. zw. tropopauzie.

Analogiczne zjawiska, jednak mniej wyraźnie postawione, sygnalizowali w roku 1914 *A. Schmidt* i *R. Dietzius*, a w r. 1919 *J. Reger*. Odnośnie zaś prądów pionowych na wys. 13—19 *km*, *L. Poncelet* (r. 1935) podaje kapitalne obserwacje „soczewek" turbulencyjnych w stratosferze, w których napotyka się na prądy pionowe o sile do 8—9 *m/sek*.

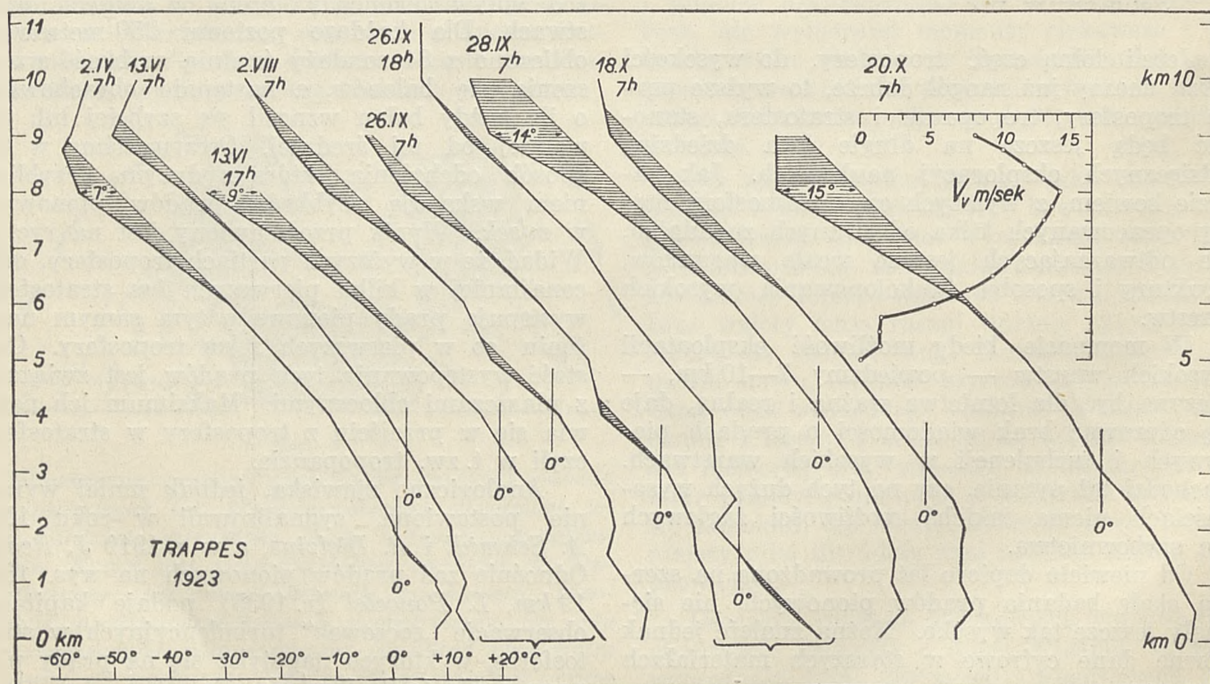
Na podstawie szeregu wspomnianych tu faktów, a głównie rezultatu przedstawionego na ryc. 1, można wyróżnić do 15 *km* kilka piątr

[1]) A. Kochański i W. Wiszniewski: O prądach pionowych w wyższych warstwach troposfery i w stratosferze. Komun. Inst. Geofizyki i Meteor. U. J. K., Nr. 104. Lwów 1936.




Ryc. 1.

*Na lewo: średnie szybkości wznoszenia 84 balonów-sond. W środku: procentowy udział prądów wstępujących i opadających na rozmaitych wysokościach; szybkości te ułożono w 8 grup. Na prawo: częstość występowania inwersyj i izotermij w % od 84 wzlotów (30 % oznacza, że w 30 % t. j. w 28 na 84 wzlotów obserwowano na danym poziomie wysokościowym inwersję lub izotermię). Liniami poziomymi wrysowano średnie wysokości poszczególnych płaszczów obłocznych w zimie. Nadto zaznaczono piętra aktywne pod względem ruchów pionowych, i piętra pasywne. Piętra aktywne: I) Cu, Stcu, Nb. 0—1,5 km. II) Acu. 4 km. III) Cicu. 7 km. IV) Tropopauza 11—12 km. V) Stratosfera od 14 km w górę. Piętra pasywne: 1) Przestrzeń między Cu, a Acu. 1,5—3,5 km. Przestrzeń między Acu, a Cicu. 4,0—6,5 km. 3) Ci, Cist. 8 km.*




Ryc. 2.

*Emagramy termiki substratosferycznej. Dla sondażu z 20. X. 1923 obliczono wzorem Linke'go szybkości prądów występujących w warstwie chwiejnej; szybkości te dochodzą do 14 m/sek, na granicy stratosfery.*

atmosferycznych, z których jedne są pod względem ruchów pionowych aktywne, a drugie pasywne. Piętra aktywne zaznaczone są na ryc. 1 cyframi I—V, piętra pasywne 1—3.

Niezmiernie interesujące wyniki dały poszukiwania nad równowagą chwiejną atmosfery w wysokich warstwach. Zużytkowaliśmy do tego dane 98 międzynarodowych wysokich sondaży z r. 1923. Na ryc. 2 mamy emagramy 9 wzlotów z Trappes (Francja). Od 5 *km* w górę, występują w tych emagramach nieprzerwane warstwy niestałości suchej, o olbrzymiej miąższości kilku *km* i różnicach temperatur między adiabatą a krzywą stanu, dochodzących do 15°. Obliczone w jednym z naszych przykładów i wyrysowane na ryc. 2, szybkości prądów pionowych wywołanych taką nierównowagą, dochodziłyby do 14 *m/sek*.

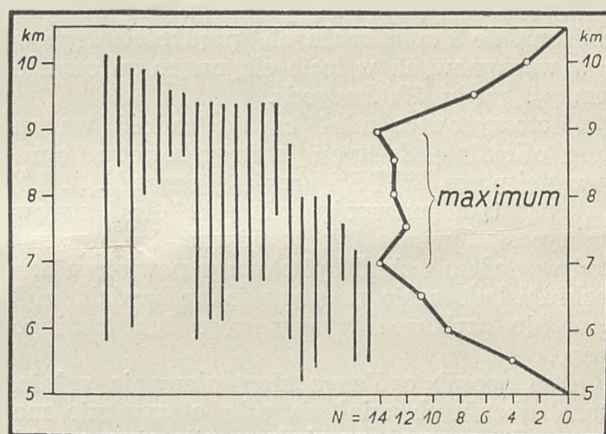



*Ryc. 3.*
*Stacje europejskie, w których przeprowadzono w r. 1923 pomiary, zapomocą wysokich balonów - sond.*

W studiowanym przez nas materiale, opublikowane były dane dla 13 stacyj, w tym 8 europejskich (ryc. 3). Charakterystycznym jest, że tylko 3 stacje wykazują termikę substratosferyczną: Trappes (w 62% wzlotów), De Bilt (w 30%) i Pavia (w 33%). Inne stacje europejskie oraz Słuck (Rosja), nie wykazały ani razu zjawiska tej termiki. Nasuwa się więc pytanie, czy termika ta jest charakterystyczna dla pewnych tylko regionów, czy też jest zjawiskiem ogólnym, niezaobserwowanym tylko z powodu braku liczniejszych wzlotów.

Trudno na to dać dziś odpowiedź. Faktem jednak jest, że Trappes i De Bilt leżą w obszarze najbardziej ożywionej cyrkulacji i wymiany mas, jaka zachodzi między trzonem kontynentu europejskiego a Atlantykiem i Morzem Północnym. Pavia zaś położona jest w takim samym pasie granicznym między północną częścią Europy, a najzupełniej odmiennym pod każdym względem Morzem Śródziemnym.

Ryc. 4 jest jeszcze jednym przyczynkiem do poznania natury termiki substratosferycznej. Z 21 sondaży z Trappes, De Bilt i Pavii, w których wystąpiło zjawisko tej termiki, wybrano miąższość (wysokość) warstwy chwiejnej i przedstawiono kreskami na odpowiednich wysokościach. Ryc. 4 wskazuje, że w górnych partiach troposfery istnieją warstwy równowagi chwiejnej o miąższości ponad 4 *km*, a sięgające ponad 10 *km* wysokości. W prawej części ryc. 4 mamy ilość wypadków niestałości w każdej warstwie 500-metrowej od 5 do 11 *km*. Pojawia się tu wyraźne maksimum od 7do 9 *km*. Całą więc partię troposfery od regionu *Cicu* (7 *km*) do tropopauzy (9 *km*), trzeba uważać za dziedzinę bardzo ożywionych ruchów pionowych. I to nietylko w tych regionach, gdzie notowaliśmy pojawianie się termiki substratosferycznej, ale prawdopodobnie wszędzie w Europie; wskazuje na to wynik ryc. 1, odnoszący się do wschodnich Niemiec, z którego widać, że tropopauza i niżej leżąca warstwa o grubości 3 *km*, jest pod względem ruchów pionowych najaktywniejsza.




*Ryc. 4.*
*Na lewo: miąższość i zasięg wysokościowy warstw równowagi chwiejnej, z 21 wysokich sondaży z r. 1923. Warstwy uporządkowane są na ryc. według miąższości i wysokości, do której sięga niestałość. Na prawo: ilość wypadków (N) równowagi chwiejnej, na poziomach co 500 m. Wybitne maksimum pojawiające się między 7 a 9 km, zaznacza najbardziej aktywną część tropopauzy, poza pierwszymi dwoma km przyziemnymi.*

Tak więc i ten „idealny“ rejon wysokich lotów, stratosfera, — a przynajmniej kilka *km* substratosferycznych i kilka *km* samej stratosfery — nie są tak martwe i „ciche“, jakby to można przypuszczać. A konkretnie: czy to ożywienie tropopauzy i warstw sąsiednich pomoże, czy też zaszkodzi przyszłemu lotnictwu stratosferycznemu ? Czy będzie można żaglować na tych wysokościach tak jak to miało już miejsce przed rokiem w Z. S. R. R. ? Jakie są warunki lotne, możliwości realizacji, cele praktyczne lotnictwa motorowego i szybownictwa substratosferycznego ? Jak wreszcie przedstawia się zjawisko termiki substratosferycznej nad regionami Polski ? Są to zagadnienia otwarte, wymagające raz jeszcze pionierskiej pracy naukowej.

# Motoszybowiec ITS-8.

## Motoplaneur ITS-8.

En réalisat son programme des études des problèmes des motoplaneurs L'Institut de la Technique d'Aviation sans Moteur vient de construir motoplaneur ITS-8. Ce motoplaneur conçu comme l'appareil d'école et d'entrenemant, a passé déjà quelques heurs d'étude en vol. L'article donne les principes de construction, les résultats des études aérodynamiques et les performances approximatives d'aprés les essais en vol. On donne aussi les résultats des éssais aérodynamiques d'un motoplaneur de performance ITS-8W.

Założenia ogólne: W locie szybowym z zatrzymanym silnikiem i nieruchomym śmigłem prędkość opadania miała nie przekraczać 1 *m/sek* tj. prędkości opadania szybowców treningowych.

Prędkość przelotową postanowiono osiągnąć zbliżoną do dopuszczalnych prędkości szybowców wyczynowych w locie ciągowym za samolotem, tj. rzędu 100 *km/godz.*

Motoszybowiec miał czynić zadość warunkom oficjalnej definicji motoszybowców opracowanej przez ISTUS i przyjętej przez F. A. I.[1]).

Poza tym koncepcję ogólną układu i sterowność postanowiono tak rozwiązać, by otrzymać pod względem techniki pilotażu w powietrzu oraz techniki lądowania maszynę jaknajbardziej zbliżoną do szybowca wyczynowego lub treningowego.

Ten sposób ogólnego sformułowania założeń konstrukcyjnych miał na celu otrzymanie maszyny, która pod względem pilotażowym nie przedstawiając trudności dla zaawansowanego pilota szybowcowego, mogłaby stać się środkiem turystyki lotniczej czy małej komunikacji zdolnym do wykorzystywania dla lotu energię atmosfery w tym samym stopniu co przeciętny szybowiec treningowy. Zaopatrzenie w silnik pomocniczy możliwy do uruchamiania w powietrzu rozszerzałoby możność latania przy braku odpowiednich warunków aerologicznych, zapewniając przy tym conajmniej taką swobodę latania, jaką mają szybowce wyczynowe w locie ciągowym za samolotem (prędkości przelotowe tego samego rzędu).

Konieczne minima ze względu na swobodę startu i lądowania wyznaczają warunki oficjalnej definicji motoszybowca [1]).

Drogi realizacji. Chęć uczynienia motoszybowca podobnym w pilotażu i lądowaniu (wyczucie, widoczność, odległość od ziemi, reakcja sterów itp.) do szybowca znalazła rozwiązanie w koncepcji umieszczenia pilota z przodu i uformowania przodu kadłuba identycznie jak w szybowcach wyczynowych. Pociągnęło to za sobą konieczność zastosowania silnika o śmigle pchającym; umieszczono go ze względu na bezpieczeństwo jak najbardziej w tyle poza pilotem, co pociągnęło za sobą (ze względu na wyważenie) przyjęcie układu skrzydeł w strzałę. Umieszczenie silnika z tyłu pozwalało na realizację bardzo ważnego problemu podobieństwa w lądowaniu do szybowca przez zastosowanie płozy do lądowania. Chowane w locie kółko służy zasadniczo przede wszystkim do startu.

W wyborze obciążenia powierzchniowego oraz wymiarów skrzydeł trzeba było iść na kompromis pomiędzy żądaniem małej prędkości opadania, wymagającym małych obciążeń powierzchni, dużych wydłużeń, a więc w sumie prowadzącej do powiększenia wymiarów i ciężaru szybowca i z drugiej strony trzeba było brać pod uwagę możliwość osiągania z przyjętym silnikiem 18 KM. założonej prędkości przelotowej dopuszczalnej w dodatku również w burzliwej atmosferze. Te ostatnie postulaty wymagały redukcji powierzchni nośnej i stosowania większych obciążeń powierzchniowych. Również względy użytkowania oraz zmniejszenia ciężaru konstrukcji z uwagi na prędkość wznoszenia wymagały konstrukcji możliwie zwartej o stosunkowo niedużym wydłużeniu (ze względu na ciężar). To też przyjęto wydłużenie $\lambda = 10 \div 12$ i $\frac{Q}{S} = 15 \div 18$ *kg/m*$^2$ (patrz charakterystyki niżej).

Chcąc zdobyć jaknajwięcej doświadczenia w sprawie wpływów takich czynników jak wydłużenie charakterystyki aerodynamiczne profilu itp., na własności szybowca oraz jego warunki pilotażowe, motoszybowiec ITS-8 zaprojektowano od razu w dwu odmianach: szkolno-treningowej i wyczynowej. Według pierwotnej koncepcji odmiany te miały się różnić jedynie zamiennymi płatami i całą różnicę własności i wyczynów motoszybowców miały dawać płaty. Następnie opracowano nową całość odmiany wyczynowej polepszając charakterystyki aerodynamiczne drogą bardziej celowego ukształtowania kabinki, sterów itd.

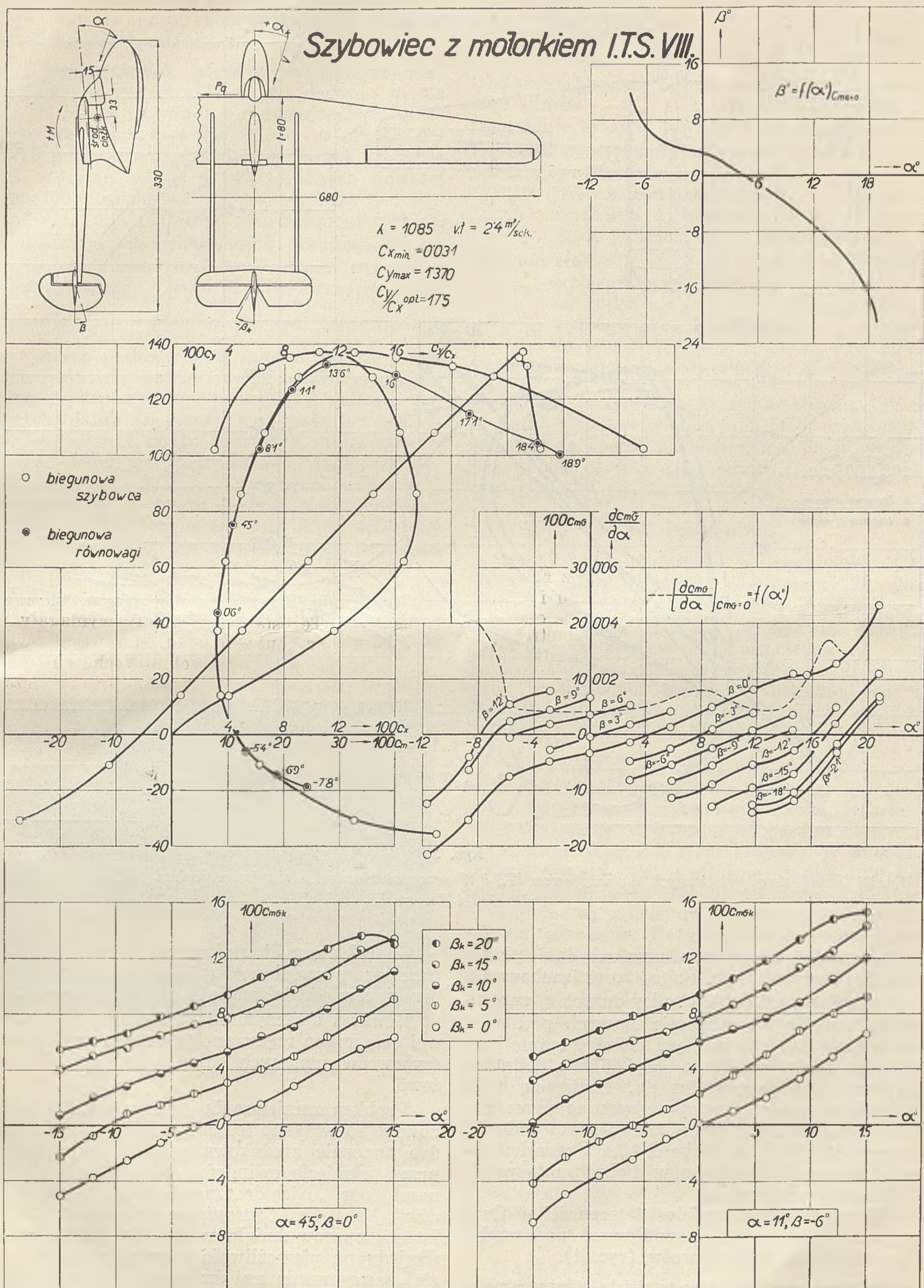
Charakterystyki aerodynamiczne odmiany szkolno-treningowej oznaczonej symbolem ITS-8 podaje ryc. 1. Płat ITS-8 o wydłużeniu średnim ($\lambda = 11$) ma tak dobrane profile, by uzyskać płaski przebieg biegunowej w okolicy $c_{y\,max}$ ze względu na nieprzyciągalność szybowca. Poza tym starano się, by $c_x$ płata powiększało się w okolicy $c_y = 0$ ze względu na zmniejszenie prędkości nurkowania. Na doskonałość maksymalną zwrócono tu mniejszą uwa-

---

[1]) Ciężar całkowity w locie $Q \leqslant 350$ *kg*. Obciążenie kwadratu rozpiętości $\frac{Q}{L^2} \leqslant 2{,}5$ *kg/m*$^2$. Silnik o pojemności $V \leqslant 1000$ *cm*$^3$.

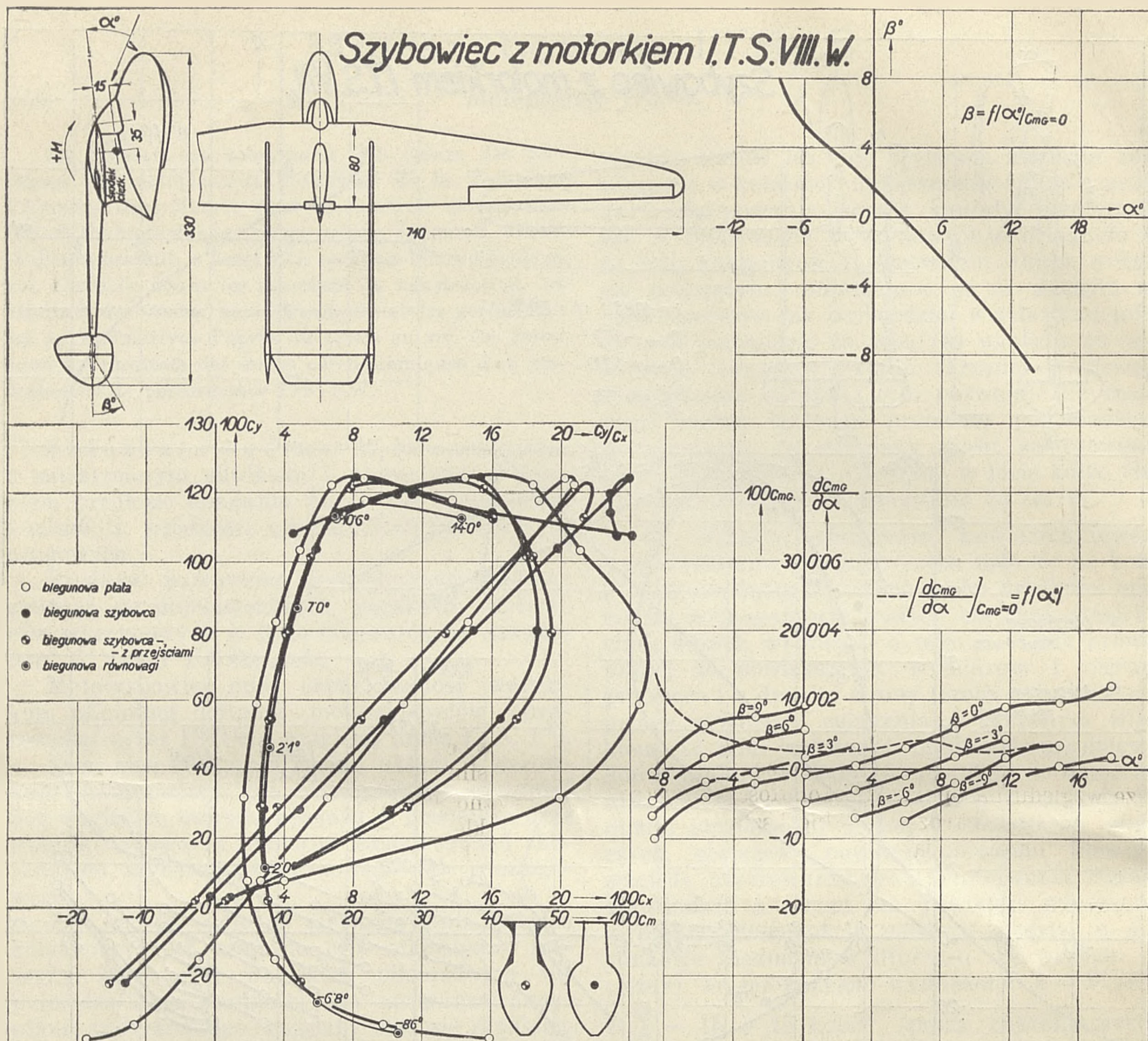
Przy starcie motoszybowiec powinien przechodzić nad 8-o metrową przeszkodą odległą o 250 *m* od miejsca startu.

Przy lądowaniu po przejściu 8 *m* przeszkody powinien zatrzymać się w odległości co najwyżej 250 *m* za przeszkodą.




Ryc. 1.

*Wyniki badań aerodynamicznych motoszybowca ITS-8 przeprowadzonych w Laboratorium Aerodynamicznym Politechniki Lwowskiej.*




*Ryc. 2.*
*Wyniki badań aerodynamicznych motoszybowca ITS-8 W przeprowadzonych w Laboratorium Aerodynamicznym Politechniki Lwowskiej.*

gę[2]), starając się jedynie uzyskać dość płaski przebieg krzywej $c_y/c_x = f(c_y)$ oraz zachowanie dobrych doskonałości w okolicy dużych $c_y$ zarówno ze względu na osiąganie lepszych prędkości wznoszenia jak i ze względu na otrzymanie małych prędkości opadania, gdy dojdzie dodatkowy opór nieruchomego śmigła. Realizację tych założeń własności skrzydła uzyskano przez zastosowanie w części prostokątnej płata wklęsłego profilu ITS $B_4$, o grubości 15,4% przechodzącego liniowo ku krańcom w dwuwypukły profil ITS $B_1$ o grubości 9%.

Wartości spółczynników stateczności podłużnej otrzymano rzędu prawidłowych pod względem pilotażowym szybowców (ryc. 1).

[2]) Charakterystyki podane tutaj jako otrzymane przez badanie modelu przy bardzo małej liczbie Reynolds'a należy uważać jako mniej korzystne od charakterystyk rzeczywistych. Dotychczasowe badania w locie motoszybowca ITS 8 również zdają się potwierdzać ten fakt zarówno co do wielkości oporów jak i co do wielkości wyporów.

Charakterystyki zmienności $\beta = f(\alpha)$ mają przebieg prawidłowy zbliżony do podobnych przebiegów dla dobrze latających szybowców.

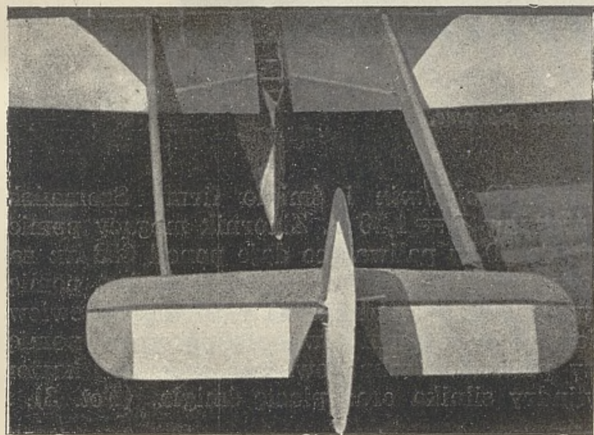
Również spółczynniki stateczności kierunkowej otrzymano rzędu anologicznych wartości dla szybowców uznanych jako prawidłowe pilotażowo.

Problem zmniejszenia oporów zespołu napędowego rozwiązano jedynie częściowo, gdyż bardzo znacznie zredukowano tylko opór silnika przez osłonięcie cylindrów odpowiednimi osłonami (por. „Niektóre zagadnienia motoszybowców", Nr. 9 *Lw. Czasopisma Lotniczego*). Co do kwestii oporów śmigła w locie szybowym to ze względu na niemożliwość (przynajmniej na razie) zastosowania ani śmigła o łopatkach ustawianych w locie bezsilnikowym w linii strug, ani nawet zastosowania rozprzęgnięcia śmigła z silnikiem i pozwolenie mu na swobodne wirowanie (co daje mniejszy opór od śmigła nieruchomego) liczono się od razu z wystąpieniem w lo-

cie szybowym dodatkowego oporu rzędu $c_x = \sim 0{,}007$, co brano pod uwagę przy obliczaniu prędkości opadania.

Charakterystyki odmiany wyczynowej oznaczonej symbolem ITS - 8 W podane są na ryc. 2. W opracowaniu aerodynamicznym położono jak największy nacisk na uzyskanie dobrych doskonałości zarówno płata jak i całości (nie stosując jednak z uzasadnionych powyżej względów zbyt dużych wydłużeń). Poza tym starano się o osiągnięcie jak najmniejszych $c_x$ w okolicy $c_y$ odpowiadających przypuszczalnym prędkościom maksymalnym i przelotowym przy założonej mocy $N = \sim 25$ KM. i przyjętym obciążeniu $\frac{Q}{S} = \sim 18\, kg/m^2$. W tym celu zbadano cały szereg płatów o tym samym obrysie i różnych profilach szybkościowych między innymi również płaty o profilach *NACA*. Z szeregu zbadanych płatów (ze względu na małą liczbę Reynoldsa badania miały charakter raczej porównawczo jakościowy niż ilościowy) najlepsze wyniki dał płat o profilu ITS $B_1$ i grubości 15,4% zastosowanym w partii środkowej przechodzący liniowo ku krańcom w ten sam profil ścieniony do 9%, ustawiony bez zwichrzenia w stosunku do profilu środkowego.

Badania aerodynamiczne całości wykazały, iż ze względu na opory i doskonałość korzystniej jest zastosować bardziej owalne kształty kabinki i łagodne przejścia jak na ryc. 2.



*Fot. 1.*
*Płaty, belki i usterzenie ITS - 8.*

Wartości spółczynników stateczności są tutaj nieco niższe niż dla odmiany szkolno-treningowej, nie mniej utrzymane na poziomie odpowiednich wartości u dobrze latających szybowców wyczynowych.

C h a r a k t e r y s t y k i i w y c z y n y.

| | ITS-8 | ITS-8 W |
|---|---|---|
| Rozpiętość . . . . | $L = 13{,}6\, m$ | $14{,}2\, m$ |
| Długość . . . . . | $D = 6{,}4$ „ | 6,5 „ |
| Powierzchnia nośna . . | $S = 16{,}9\, m^2$ | $16{,}2\, m^2$ |
| Wydłużenie . . . . | $\lambda = 11$ | 12,5 |
| Pow. opierzenia poziomego | $S_H = 2{,}08\, m^2$ | $1{,}8\, m^2$ |
| „ „ pionowego | $S_V = 1{,}37$ „ | 1,68 „ |
| Ciężar własny . . . | $Q_w = 180\, kg$ | $180\, kg$ |
| „ użyteczny . . | $Q_u = 90$ „ | 90 „ |
| „ paliwa . . . | $Q_p = 20$ „ | 30 „ |
| „ w locie . . . | $Q_c = 290$ „ | 300 „ |
| Obciążenie powierzchni | $Q/S = 17\, kg/m^2$ | $18{,}5\, kg/m^2$ |
| Moc silnika . . . . | $N = 18$ KM | 25 KM |
| Obciążenie mocy | $Q/N = \sim 16\, kg/$KM | $12\, kg/$KM |
| Szybkość maksymalna | $V_{max} = 120\, km/godz$ | — |
| „ przelotowa | $V_p = 110$ „ | — |
| „ wznoszenia przy ziemi | $W_w = 1{,}3\, m/sek$ | |
| „ opadania z nieruchomym śmigłem | $W_0 = 0{,}85 - 0{,}9\, m/sek$ | |
| Długość startu (wiatr $3 \div 5\, m/sek$) | $s_1 = \sim 100\, m$ | |
| „ wybiegu przy lądowaniu na kółko . . . . . | $s_2 = \sim 50$ „ | |
| „ wybiegu przy lądowaniu na płozę . . . . . | $s'_2 = \sim 25$ „ | |
| Dotychczas osiągnięta wysokość | $H = \sim 1500$ „ | |

Podane wyżej wyczyny motoszybowca ITS-8 są tutaj publikowane jedynie jako orientacyjne, gdyż są oparte na zbyt małej ilości pomiarów w locie, a więc mogące zawierać dość znaczne odchyłki od rzeczywistości.

*Opis konstrukcji.*

M a t e r i a ł. Zarówno w skrzydłach jak jak i w całym szybowcu użyto sosny na elementy silnie obciążane, na mniej obciążone zastosowano świerk. Kierując się tą samą zasadą użyto sklejek brzozowych i olchowych za wyjątkiem kabinki, gdzie ze względu na kruchość olchy zastosowano brzozę. Wszystkie okucia wykonano ze stali nr. 12, bolce ze stali nr. 14. Zbiorniki osłony z blach aluminiowych.

S k r z y d ł o: Konstrukcji jednodźwigarowej o krytym sklejką kesonie pracującym. Dźwigar o przekroju skrzynkowym. Żebra świerkowe, wzmocnione, wpuszczonymi pasami ze sklejki olchowej. Wiązanie żeber kratowe. W miejscu przymocowania belek kadłubowych znajduje się bardzo mocne żebro skrzynkowe przenoszące siły skupione od momentów skręcających płat oraz siły od usterzenia. Drugie żebro podobnej konstrukcji lecz słabsze, zbudowano w miejscu przymocowania kabinki do płatów. Od tylnego okucia mocującego kabinę do okucia tylnego belki kadłubowej biegnie dźwigarek obciążony siłami stycznymi. Pole zawarte między dźwigarkami i żebrami wzmocnionymi pokryte jest sklejką (Fot. 1). Skrzydło podpierają 2 zastrzały, z których przedni przyjmuje prawie całe obciążenia. Zadaniem drugiego jest zwiększenie sztywności zamocowania belek kadłubowych na skrzydle.

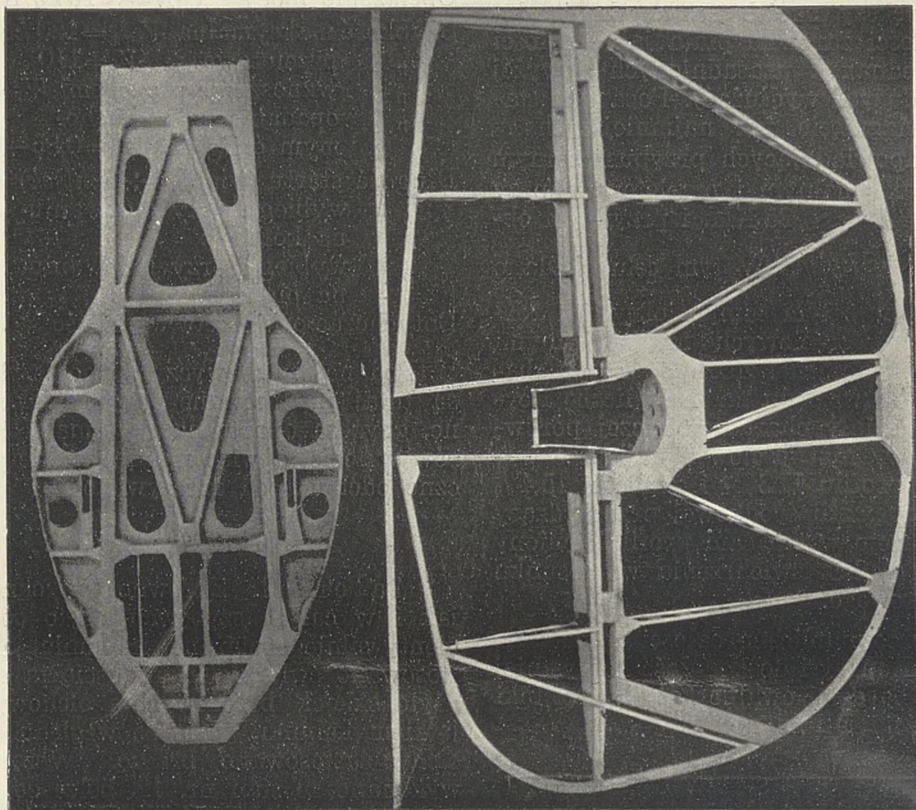
Lotki — konstrukcji normalnej o napędzie różnicowym, zawieszone są na łożyskach kulkowych. Górna i dolna szczelina lotkowa zasłonięta sklejką.

B e l k i k a d ł u b o w e i u s t e r z e n i e. Belki kadłubowe o konstrukcji dźwigara skrzynkowego (podłużnice i rozpórki świerkowe) są usztywnione w płaszczyźnie poziomej skrzyżowanymi drutami. Usterzenie zarówno poziome jak i pionowe składa się ze stateczników krytych sklejką i sterów krytych płótnem. Konstruk-

cja usterzenia poziomego normalna. Statecznik pionowy natomiast składa się z 2-ch części mocowanych przegubowo do statecznika poziomego i usztywnionych drutami. Ster kierunkowy normalny. (Fot. 2).

Zewnętrzne powierzchnie zostały wyrównane przez szpachlowanie, a całość pokryta lakierem Nu-Enamel.

Zespół śmigło-silnikowy: stanowi 2-cylindrowy silnik Köhler o mocy 18 KM.



*Fot. 2.*
*Wręga główna i usterzenie pionowe.*

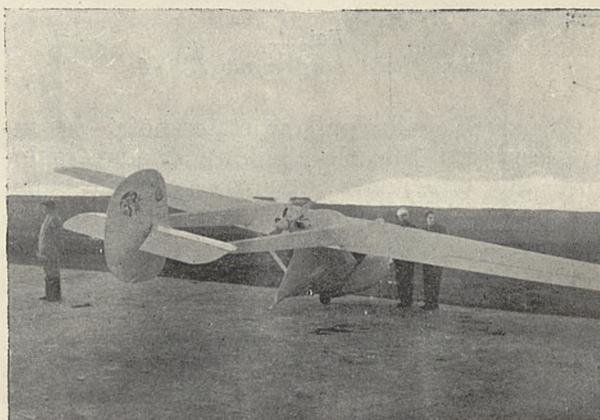
Kadłub: O kształcie zbliżonym do kabinek szybowców, pokryty jest całkowicie sklejką. — Jego usztywnienie wewnętrzne stanowią normalne wręgi o przekroju skrzyneczkowym oraz wręgi wzmocnione (główne) całkowicie kryte sklejką (Fot. 2). Kadłub wyposażony jest w płozę szybowcową amortyzowaną dętką oraz wszystkie urządzenia do startu z gumy i do lotów ciągowych.

Nieco przed środkiem ciężkości znajduje się kółko „Argus", (ogonowe) o średnicy 290 *mm* wystające do połowy w stanie wysuniętym i całkowicie kryjące się za płozę w stanie schowanym. Kółko chowa się w locie, dźwignią uruchamianą lewą ręką pilota. Osłonę pilota stanowi spawana z rurek stalowych i kryta celuloidem limuzyna.

Wyposażenie kabiny w przyrządy jak w normalnych szybowcach wyczynowych plus licznik obrotów.

Duży nacisk położono na staranne wykończenie powierzchni zewnętrznych. Oprócz wspomnianych osłon zespołu śmigło-silnikowego zastosowano owiewki okuć zastrzałowych przejście między kabiną a skrzydłem oraz między statecznikami.

przy 2700 *obr./min* i śmigło firmy Szomański o średnicy $D = 1{,}36\ m$. Zbiornik mogący pomieścić do 30 *kg* paliwa (co daje ponad 650 *km* zasięgu przy wietrze 0), umieszczony jest pomiędzy skrzydłami nad kabiną i osłoniętym owiewkiem zakrywającym równocześnie szparę pomiędzy płatami. Osobne owiewki osłaniają karter, cylindry silnika oraz piastę śmigła. (Fot. 3).



*Fot. 3.*
*Motoszybowiec ITS - 8. Widoczne osłony silnika.*

Uruchamianie silnika w powietrzu będzie prawdopodobnie rozwiązane przez zastosowanie dekompresorów pozwalających na wyzyskanie momentu wiatrakowego śmigła do rozpędzenia silnika.

Wnioski z prób. Na podstawie przeprowadzonych prób można już sprecyzować pewne wnioski.

A więc: pilotaż takiego motoszybowca nie powinien przedstawiać dla zaawansowanych szybowników żadnych trudności. Lądowanie na płozę najzupełniej identyczne jak w szybowcach, lądowanie natomiast na pierwotnie zastosowane kółko bez amortyzacji wymagało większej precyzji i mogło stanowić trudność dla pilota-szybowcowego. Obecnie przerabia się podwozie w ten sposób, że dodaje się amortyzację gumową, której konieczność okazała się również ze względu na start.

Doświadczenie wykazało, iż nawet w połączeniu z płozą nie należy stosować zbyt małych średnic kółka, które powodują zahamowanie szybowca przy starcie w nierównościach lotniska w błocie, śniegu itp.

Celowość troskliwego wykończenia powierzchni zewnętrznych oraz starannego wykonania wszystkich przejść najlepiej podkreśla fakt uzyskania zwiększenia prędkości maksymalnej o kilkanaście kilometrów na godzinę po starannym wykończeniu.

Co się tyczy silnika Köhler M-3 to na pełnym gazie i przelotowych obrotach pracuje on stosunkowo spokojnie, natomiast na niższych obrotach silnie drga. Drgania te zmuszają do elastycznego zawieszania silnika, starannego opracowania łoża ze względu na możliwość znacznych naprężeń wywołanych drganiami i zmęczenie materiału. Należy pamiętać o doprowadzeniu przewodów w sposób elastyczny jak również i sterowania silnika i to przeprowadzając je możliwie przez oś drgań. Również należy pamiętać o dobrym przytrzymywaniu kabli wyposażenia elektrycznego silnika i bowdenów sterowania, gdyż wskutek drgań mogą się one przetrzeć o części silnika lub płatowca.

*Inż. W. Stępniewski.*

---

# KOMUNIKATY.

**Komunikat Związku Polskich Inżynierów Lotniczych.** Dnia 14 lutego b. r. w lokalu Związku Polskich Inżynierów Lotniczych, mieszczącym się w Instytucie Aerodynamicznym w Warszawie, przy ul. 6 Sierpnia 50, odbyło się Zwyczajne Walne Zgromadzenie Związku. Nowe Władze Związku zostały wybrane w składzie następującym :

Zarząd: Prezes Inż. W. Challier. Członkowie: Inż. St. Dudziński, Inż. L. Dulęba, Inż. J. Dziewoński, Inż. K. Jagoszewski, Inż. L. Kwaśniak, Inż. M. Skarbiński. Zastępcy: Inż. J. Bełkowski, Inż. E. Kosko.

Komisja Rewizyjna: Członkowie: Inż. Z. Arnd, Inż. L. Łabuć, Inż. R. Suryn. Zastępcy: Inż. M. Kaczanowski, Inż. W. Zaremba.

Komisja Weryfikacyjna: Inż. E. Roland, Inż. F. Suchos, Inż. A. Szyszkowski.

Sąd Koleżeński: Inż. S. Krzyczkowski, Inż. W. Makowski, Inż. M. Pęczalski, Inż. S. Rogalski, Inż. A. Seńkowski.

**Pomiary aerologiczne ITS na Śląsku.** Dzięki poparciu Zarządu Okręgu Śląskiego LOPP i czynnej pomocy Szkoły Lotniczej LOPP w Aleksandrowicach, miałem możność rozpocząć we wrześniu 1936 r., pomiary nad właściwościami termicznymi Śląska.

W czasie od 14 do 30 września 1936, przeprowadzono z lotniska w Aleksandrowicach 20 wzlotów aerologicznych na RDW 8, do wysokości 2500 *m*, przy czym niektóre wzloty składały się z 2 lub 3 niezależnych wzlotów, tak że sondowań było w sumie 37.

Nie wszystkim może wiadomym jest, że teren południowego Śląska, ze względu na góry Beskidu Małego i Śląskiego, z charakterystyczną kotliną żywiecką, jarem Soły, dolinami Wisły i Brenny, oraz pasami stawów u podnóża gór, stanowi niezmiernie ciekawą krainę zjawisk termiki atmosfery.

Przy sposobności kursu nawigacyjno-meteorologicznego odbytego w czasie od 15 do 25 marca 1937 r., zebrałem nadto materiał 24 wzlotów (47 niezależnych sondaży).

Podkreślić należy zrozumienie dla tego rodzaju prac ze strony Zarządu Okręgu Śląskiego LOPP i ofiarną pomoc (pomieszczenia, samolot, paliwo, piloci). *A. Kochański.*

**Kurs szybowcowy nawigacyjno-meteorologiczny w Aleksandrowicach.** Przy ciągłym rozwoju naszego szybownictwa, wyłaniała się od dłuższego czasu konieczność podniesienia wiadomości z zakresu nauki o prądach wznoszących, będących istotnym motorem lotu bezsilnikowego. Celem uzupełnienia tych braków, zorganizowany został staraniem Zarządu Okręgu Śląskiego LOPP i przy czynnej pomocy ITS, kurs nawigacyjno-meteorologiczny dla kierowników i instruktorów szkół i ośrodków szybowcowych. Kurs odbył się w Szkole lotniczej LOPP w Aleksandrowicach koło Bielska, w czasie od 15 do 25 marca 1937 r.

Celem kursu było: 1) zaznajomienie uczestników z dotychczasowymi wynikami badań aerologicznych i doświadczeń nawigacyjno-szybowcowych, 2) podniesienie wiadomości teoretycznych i praktycznych z zakresu meteorologii stosowanej i nawigacji szybowcowej, 3) zorganizowanie współpracy w zbieraniu materiałów i badaniu warunków termicznych różnych szybowisk.

Kurs prowadził Dr. A. Kochański z ITS, R. Matz (ITS), oraz M. Offierski (pilot doświadczalny). Z 20 uczestników przypadło na Okręgi Wojew. LOPP: Śląski 6 uczestników. Krakowski 2. Kielecki 3. Warszawski 3. Wołyński 2. Lwowski 3. Łódzki 1. W kursie wzięli udział kierownicy wszystkich szkół szybowcowych LOPP: Polichna, Sokolej Góry, Czerwonego Kamienia, Goleszowa, Bodzowa, Tęgoborza itd.

Kurs miał charakter zupełnie specjalny. Wykłady teoretyczne z zakresu termiki, synoptyki, służby meteor. dla lotnictwa, przyrządów pokładowych itp., objęły 18 godzin. Na część praktyczną (109 godzin zajęć) położono największy nacisk, udostępniając wszystkim uczestnikom wzloty aerologiczne w charakterze obserwatora, samodzielne, kilkakrotne cechowania barografów, montaż przyrządów pokładowych itd. Opracowanie wzlotów, wykreślanie i „czytanie" emagramów, wykreślanie metryk barografów itd., wykonał każdy z uczestników zupełnie samodzielnie.

Lotów sondażowych na RWD 8, do wysokości 2500 *m*, wykonano 27, w łącznej sumie 20 godzin 40 min. Loty te, poza ich instruktywną stroną dla uczestników kursu, dały dużo cennego materiału naukowego.

Kurs dał pod każdym względem doskonałe wyniki. Należy stwierdzić, że strona naukowa szybownictwa jest wśród pilotów w zupełności doceniana i zrozumiana. Wielka rozmaitość zjawisk termiki, jaką obserwuje się na terenie Śląska, obudziła żywe zainteresowanie wśród uczego rodzaju prac na innych terenach.
stników kursu i dążność do przeprowadzenia te-
Przy nikłym jednakże przygotowaniu naukowym, nawet wyczynowych pilotów szybowcowych, należałoby bezwzględnie organizować dalsze kursa tego rodzaju.

*A. Kochański.*

**Pomiary krążenia szybowców.** Próbne pomiary krążenia szybowców, wykonane na kursie doświadczalnym i wyczynowym w Ustjanowej 2—17 IX. 1936 przez Kierownictwo tego kursu (kpt. inż. M. Blaicher) i Instytut Techniki Szybownictwa metodą fotografowania kinowego przez siatkę, dały następujące wyniki:

| Szybowiec | Średnica krążenia *m* | Czas jednego okrążenia *sek* | Pochylenie o kąt zawarty między osią dźwigara a poziomem | Szybkość po torze *km/h* |
|---|---|---|---|---|
| $SG_3$ | 66,0 | 14,00 | 33,0° | 53,2 |
| $SG_3$ | 82,3 | 18,00 | 19,5 | 51,6 |
| $SG_3$ | 117,0 | 20,00 | 23,0 | 66,0 |
| $CW_5$ | 103,0 | 18,86 | 40,0 | 62,0 |
| $CW_5$ | 111,0 | 17,66 | 30,0 | 71,1 |
| $CW_5$ | 108,8 | 18,66 | 31,5 | 66,0 |
| $CW_5$ *) | 100,0 | 15.66 | 34,0 | 72,0 |
| Komar | 80,0 | 16,44 | 32,7 | 55,0 |
| Komar | 196,0 | 37,00 | 33,5 | 60,0 |
| Condor | 140,0 | 16,80 | 27,5 | 96,0 |

*) lakierowany.

**Wydawnictwa ITS:** Inż. Zbigniew L. Krzywobłocki, ITS: „Drewno w szybownictwie". Podręcznik dla konstruktorów i warsztatów szybowcowych, Lwów, 1937.



Nakładem L A P L i I T S. Pierwsza Związkowa Drukarnia. Lwów, Lindego 4.